

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**SISTEMA DE ALERTA BASADO EN TECNOLOGÍA ARDUINO PARA
EL APOYO EN LA ATENCIÓN INMEDIATA DE ACCIDENTES O
EMERGENCIAS MÉDICAS DE LOS RESIDENTES CON
ENFERMEDADES CRÓNICAS DE UN CONDOMINIO DE LA CIUDAD
DE CHICLAYO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

JOSE LUIS ROMERO FLORES

ASESOR

Mg. RICARDO IMÁN ESPINOZA

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes con su apoyo y paciencia han hecho posible llegar al final de
este camino.

A mi equipo de tesis, quienes con sus conocimientos y gran trayectoria me permitieron
culminar este proyecto con éxito.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por sus consejos y valores inculcados.

Agradezco a mis profesores y asesores, quienes, con sus conocimientos y experiencia, me ayudaron a sacar a la luz esta idea.

RESUMEN

El Condominio Médico Daniel Alcides Carrión (Av Grau 1300), es un grupo habitacional conformado por 224 personas (47 casas), ubicado en la ciudad de Chiclayo, en donde la mayoría de sus residentes son profesionales de la salud y cumplen con horarios de trabajo divididos por turnos diurnos y nocturnos.

En dicho condominio existen personas con enfermedades crónicas y que necesitan del cuidado de un familiar o personas especializadas en cuidados médicos, pero, a pesar que son muy esmerados en los cuidados y estrictos en la medicación de las personas que sufren enfermedades crónicas, siempre existen accidentes o situaciones que no son controladas a tiempo debido a: Falta de una alerta temprana que dé aviso sobre un accidente ocurrido con estas personas, esto ha conllevado a que dichas personas no sean atendidas a tiempo y por ende se complique su situación y tengan que ser internadas en un hospital por periodos largos hasta que se estabilice su situación.

Por tal motivo en este trabajo de investigación se vio la manera en cómo la tecnología de alerta inalámbrica de Arduino pueda ayudar a los residentes del Condominio Médico Daniel Alcides Carrión, en la implementación de un sistema de alerta temprana, para atender los accidentes o situaciones médicas de los residentes con enfermedades crónicas.

Con la aplicación de esta tecnología se espera apoyar en la atención a tiempo de los accidentes o emergencias médicas de los residentes con enfermedades crónicas del Condominio Médico Daniel Alcides Carrión de la ciudad de Chiclayo, implementando una central de alerta para la atención inmediata de accidentes o emergencias médicas de los residentes y estableciendo las interfaces de comunicación entre los sensores de alerta Arduino y la interfaz usuaria para una fácil y rápida atención.

PALABRAS CLAVE: Arduino, Wireless Transmitter, Wireless Receiver, HRT-HOOD, RTOS.

ABSTRACT

Daniel Alcides Carrión Medical Condominium (Av Grau 1300), is a housing group consisting of 224 people (47 houses), located in the city of Chiclayo, where most of its residents are health professionals and meet work schedules divided by day and night shifts.

In this sense there are people with chronic diseases and who need special care for people, but even though they are very common in medical care and the diseases that suffer from situations that are not controlled in time, due to: lack of an alert early warning about an accident with these people, this has meant that people are not treated on time and therefore complicate their situation and have to be admitted to a hospital for long periods until their situation stabilizes.

For what reason in this research work we saw how Arduino's wireless alert technology can help the residents of the Daniel Alcides Carrión Medical Condominium, in the implementation of an early warning system, for the care of accidents or medical situations of residents with chronic diseases.

With the application of this technology can be supported in the care at the time of accidents or medical emergencies of residents with chronic diseases of the medical condominium Daniel Alcides Carrión of the city of Chiclayo, implementing a central alert for the immediate attention of accidents medical emergencies of the residents and establishing the communication interfaces between the Arduino alert sensors and the user interface for easy and fast attention

KEYWORDS: : Arduino, Wireless Transmitter, Wireless Receiver, HRT-HOOD, RTOS.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	MARCO TEÓRICO	10
2.1.	ANTECEDENTES	10
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	10
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	12
2.2.	BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	13
2.2.1.	ACCIDENTES COMUNES EN PERSONAS ANCIANAS DENTRO DEL HOGAR	13
2.2.2.	TECNOLOGÍA ARDUINO	13
2.2.3.	VENTAJAS DE ARDUINO	13
2.2.4.	UTILIDAD DE ARDUINO	14
2.2.5.	ALERTA BASADA EN ARDUINO	14
2.2.6.	CARACTERÍSTICAS DE LAS ALERTAS Y VENTAJAS	15
2.2.7.	ENTORNO DE APLICACIÓN ARDUINO	15
2.2.8.	HARDWARE ARDUINO	16
2.2.8.1.	CARACTERÍSTICAS DE UN MICRO CONTROLADOR:.....	16
2.2.9.	SOFTWARE ARDUINO	18
III.	METODOLOGÍA	19
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	19
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	19
3.3.1.	POBLACIÓN	19
3.3.2.	MUESTRA	19
3.4.	CRITERIOS DE SELECCIÓN	20
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	20
3.5.1.	VARIABLES.....	20
3.5.1.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	20
3.5.1.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	20
3.5.2.	INDICADORES (OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES)	21
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
3.7.	PROCEDIMIENTOS.....	22

3.7.1.	METODOLOGÍA DE DESARROLLO	22
3.7.2.	ANÁLISIS DE RIESGOS	23
3.7.3.	PRODUCTO ACREDITABLE	24
3.7.4.	MANUAL DE USUARIO	25
3.8.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	25
3.9.	MATRIZ DE CONSISTENCIA	26
3.10.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	27
IV.	RESULTADOS	28
4.1.	EN BASE A LA METODOLOGÍA UTILIZADA.....	28
4.1.1.	ITERACIÓN #1: DEFINICIÓN DE REQUISITOS	28
4.1.2.	ITERACIÓN #2: ARQUITECTURA LÓGICA	28
4.1.3.	ITERACIÓN #3: ARQUITECTURA FÍSICA.....	32
4.1.4.	ITERACIÓN #4: CODIFICACIÓN.....	35
4.1.4.1.	PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE PULSOS.....	35
4.1.4.2.	PROGRAMACIÓN DEL DISPLAY	39
4.1.5.	ITERACIÓN #5: PRUEBAS.....	43
4.2.	EN BASE A LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
4.2.1.	DESCRIPCIÓN DE OBJETIVO: IMPLEMENTAR UNA CENTRAL DE ALERTA PARA LA ATENCIÓN INMEDIATA DE ACCIDENTES O EMERGENCIAS MÉDICAS DE LOS RESIDENTES.....	47
4.2.2.	DESCRIPCIÓN DE OBJETIVO “ESTABLECER MECANISMOS DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS PACIENTES Y SUS FAMILIARES”	49
4.2.3.	DESCRIPCIÓN DE OBJETIVO “DISMINUIR TIEMPO DE ATENCIÓN ANTE UN ACCIDENTE O EMERGENCIA”	50
V.	DISCUSIÓN	51
5.1.	DISCUSIÓN SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL DE ALERTA PARA LA ATENCIÓN INMEDIATA DE ACCIDENTES O EMERGENCIAS MÉDICAS DE PACIENTES CON ENFERMEDADES CRÓNICAS.....	51
5.2.	DISCUSIÓN SOBRE ESTABLECER MECANISMOS DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS PACIENTES Y SUS FAMILIARES	51
5.3.	DISCUSIÓN SOBRE DISMINUIR EL TIEMPO DE ATENCIÓN ANTE UN ACCIDENTE O EMERGENCIA.....	52

VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES.....	54
VIII. LISTA DE REFERENCIAS	55
IX. ANEXOS.....	56
ANEXO N° 01.....	56
ANEXO N° 03.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I..... 21

TABLA II..... 26

TABLA III..... 57

TABLA IV 57

TABLA V 59

TABLA VI 60

TABLA VII 60

TABLA VIII 61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1. PROTOTIPO ARDUINO. [14]	16
FIG. 2. ELEMENTOS ARDUINO. [14]	16
FIG. 3. HW ARDUINO. [14]	17
FIG. 4.PROCESO DEL DESARROLLO ITERATIVO. [15]	23
FIG. 5.DIAGRAMA LÓGICO GENERAL	32
FIG. 6.DIAGRAMA DE LA ARQUITECTURA FÍSICA	35
FIG. 7.SENSOR DE PULSOS. [14]	35
FIG. 8.ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LA PANTALLA 16X2. [16]	39
FIG. 9.PROGRAMACION - PANTALLA LCD 16x2 CON ARDUINO. [16]	40
FIG. 10.PROGRAMACION - PANTALLA LCD 16x2 CON ARDUINO. [16]	40
FIG. 11.PROGRAMACION - PANTALLA LCD 16x2 CON ARDUINO. [16]	41
FIG. 12.PPROGRAMACION - PANTALLA LCD 16x2 CON ARDUINO. [16]	41
FIG. 13.CONEXIÓN DEL SENSOR DE PULSOS CARDIACOS EN EL DEDO MEDIO	44
FIG. 14.CONEXIÓN DE COMPONENTES DE ARDUINO	44
FIG. 15.RESULTADO DE PRUEBAS EN COMPUTADOR	45
FIG. 16.SENSOR DE PULSOS Y CONECTOR BLUETOOTH	46
FIG. 17.INSTALACIÓN DE LA APP SERIAL BLUETOOTH TERMINAL	46
FIG. 18.RESULTADOS MOSTRADOS EN TERMINAL MÓVIL	47
FIG. 19.CENTRAL DE ALERTA DISEÑADA	48
FIG. 20.RESULTADOS MOSTRADOS EN DISPOSITIVO MÓVIL	48
FIG. 21.DESCARGA DE APP "SERIAL BLUETOOTH TERMINAL" DE GOOGLE PLAY	49
FIG. 22.PRUEBAS DE USO DE SISTEMA DE ALERTA	50
FIG. 23.RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA DE ALERTA	50
FIG. 24.APP DESCARGADA EN EL DISPOSITIVO MÓVIL	63
FIG. 25.APP INSTALADA EN EL DISPOSITIVO MÓVIL	64
FIG. 26.CONEXIÓN DE TERMINAL MÓVIL CON PLACA ARDUINO	64
FIG. 27.DISPOSITIVO MÓVIL CONECTADO	65
FIG. 28.VISTA FRONTAL Y POSTERIOR DEL SENSOR DE PULSOS CARDÍACOS	65
FIG. 29.COLOCACIÓN DE SENSOR DE PULSACIONES CARDIACAS	66
FIG. 30. POSICIÓN RECOMENDADA DURANTE LA PRUEBA	66
FIG. 31.PRUEBAS INICIALES	67
FIG. 32.RESULTADOS DE LAS PRUEBAS INICIALES	67
FIG. 33.RESULTADOS DE LAS PRUEBAS MOSTRADAS EN NUESTRO DISPOSITIVO MÓVIL	68

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los cuidados básicos del anciano se relacionan directamente con las necesidades de la persona mayor y con el mantenimiento de la calidad de vida y el bienestar general. Por tanto, no sólo contienen los cuidados físicos sino también los psicológicos y sociales [1]

Muchas personas deben enfrentar la difícil labor de cuidar a alguien enfermo, un quehacer que requiere gran dedicación, paciencia y cariño. Sin embargo, muchas veces esto debe ir acompañado de ciertas medidas que pueden ser claves para hacer un adecuado manejo de la situación [2].

[3]Las enfermedades crónicas son enfermedades de larga duración y por lo general de progresión lenta. Las enfermedades cardíacas, los infartos, el cáncer, las enfermedades respiratorias y la diabetes, son las principales causas de mortalidad en el mundo, siendo responsables del 63% de las muertes. En 2008, 36 millones de personas murieron de una enfermedad crónica, de las cuales la mitad era de sexo femenino y el 29% era de menos de 60 años de edad.

Las enfermedades crónicas matan a más de 36 millones de personas cada año. Cerca del 80% de las muertes por estas enfermedades se concentran en los países de ingresos bajos y medios.

[3]Las enfermedades crónicas graves tienen por causa factores de riesgos comunes y modificables. Dichos factores de riesgo explican la gran mayoría de las muertes por ese tipo de enfermedades a todas las edades, en hombres y mujeres y en todo el mundo. Entre ellos destacan:

Una alimentación poco sana; la inactividad física; el consumo de tabaco.

Cada año, como mínimo: 4,9 millones de personas mueren por causa del tabaco; 2,6 millones de personas mueren como consecuencia de su sobrepeso u obesidad; 4,4 millones de personas mueren como resultado de unos niveles de colesterol total elevados; 7,1 millones de personas mueren como resultado de una tensión arterial elevada. Se prevé que las defunciones por el conjunto de enfermedades infecciosas, dolencias maternas y perinatales y carencias nutricionales disminuirán en un 3% durante los próximos 10 años, y que las defunciones por enfermedades crónicas aumentarán un 17% en ese mismo periodo. Eso significa

que de los 64 millones de personas que fallecerán en 2015, 41 millones lo harán de enfermedades crónicas, a menos que se tomen medidas urgentes.

[4]En nuestro país, las Enfermedades Crónicas No Transmisibles representan el 58.5% de las enfermedades con mayor incidencia, al mismo tiempo son estas enfermedades las que producen mayor discapacidad. La prevalencia el año 2011 de personas con Hipertensión Arterial fue de 198,925 (17.9%) con una mortalidad de 21.2 x 100 mil habitantes; asimismo las personas con Diabetes Mellitus tuvieron una prevalencia de 104,227 (3.6%) con una mortalidad de 18,9 x 100 mil habitantes.

[5]El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reveló que el 82,6% de las mujeres mayores de 60 años del país padecen de alguna enfermedad crónica. De acuerdo al Informe Técnico Situación de la Población Adulta Mayor del INEI, las mujeres son las que padecen en mayor medida algún tipo de enfermedad crónica en comparación con los hombres (69,9%). Los principales problemas de salud crónicos que reportaron padecer estas personas son artritis, hipertensión, asma, reumatismo, diabetes, TBC, VIH, colesterol, entre otros. Asimismo, el 84,9% de las mujeres mayores de 60 años que viven en Lima Metropolitana son las que más padecen de estos males, seguido del 82,1% que vive en el resto de ciudades del área urbana y el 80,2% del área rural.

Por tal motivo actualmente existen una impresionante serie de tecnologías que ofrecen la confianza que necesita la gente de la tercera edad en cuanto a su capacidad de vivir sola. Asimismo, contribuyen a que muchas familias eviten la difícil decisión de sacar de su hogar al papá y la mamá para llevarlos a vivir a un asilo de ancianos. Tecnologías “inteligentes”, como sensores, activación por voz, GPS, Bluetooth, conectividad por telefonía celular, aplicaciones de monitoreo de los teléfonos inteligentes y computadoras hoy permiten que sea posible envejecer en el hogar [6]

En el Condominio Médico Daniel Alcides Carrión (Av. Grau 1300), un grupo habitacional conformado por 224 personas (47 casas), ubicado en la ciudad de Chiclayo, la mayoría de sus residentes son profesionales de la salud y cumplen

con horarios de trabajo divididos por turnos diurnos y nocturnos. (Ver anexo 1), Entre la población que habita dentro del condominio existen un grupo de personas mayores entre los 55 y 80 años de edad (ver anexo 1), la cual conforma el 40% de los habitantes de dicho condominio, este grupo de personas presentan las siguientes enfermedades crónicas: Hipertensión 40%, Arritmia Cardíaca 22%, Diabetes 20%, Artritis reumatoide 15%, Incapacidad 3%. (Ver anexo 1),

Es decir 36 sufren de Hipertensión, 20 sufren de arritmia cardíaca, 20 sufren de diabetes, 14 sufren de Artritis Reumatoide y 3 sufren de incapacidad (postrados en cama), estas enfermedades impiden a estas personas realizar su vida con normalidad y siempre están alertas pues según su condición están muy propensas a sufrir un accidente debido a los ataques sintomáticos (desmayos, dolores, subidas de presión arterial, descompensación corporal, etc.) propios de sus enfermedades (Ver anexo 1).

En la actualidad a nivel internacional y nacional se viene utilizando la tecnología Arduino como una alternativa para alertar sobre algún incidente dentro de un espacio pre determinado gracias a los diversos sensores que se pueden acoplar a esta plataforma tecnológica, con el conocimiento que se tiene sobre las diversas aplicaciones de la tecnología Arduino se hizo la pregunta ¿de qué manera la aplicación de la tecnología Arduino puede apoyar a los familiares de los pacientes con enfermedades crónicas del condominio en estudio? Es así como nació la idea de diseñar e implementar sensores que estén monitoreando todo el tiempo la actividad de los pacientes con enfermedades crónicas del condominio Daniel Alcides Carrión de Chiclayo, y de esta manera ayudar a los familiares de estas personas en el monitoreo del estado de salud o si han sufrido un accidente o no.

El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de alerta temprana basada en la Tecnología Arduino, para de esa forma apoyar en los cuidados que brindan los familiares a los pacientes con enfermedades crónicas del condominio en estudio, con este sistema se implementó una central de alerta para la atención inmediata de accidentes o emergencias médicas de los residentes con enfermedades crónicas, el cual permitirá monitorear y mantener un registro de alertas; también se establecieron mecanismos de comunicación entre los pacientes

y sus familiares, para mantener y medir la confianza entre la comunicación de la central y los centros de emergencia más cercanos; y finalmente disminuir el tiempo de atención ante un accidente o emergencia, logrando así mejorar los tiempos desde que se emite la alerta hasta que se presta la atención requerida.

En el Capítulo I conoceremos los aspectos básicos de la investigación, en el Capítulo II todo lo referente a las bases teóricas y antecedentes que sirvieron como apoyo, en el Capítulo III encontramos la metodología, variables y operacionalización usada para la investigación. En el Capítulo IV hallamos los resultados de la investigación, en el Capítulo V las conclusiones, en el Capítulo VI las discusiones a los resultados, en el Capítulo VII las recomendaciones y finalmente en el Capítulo VIII se encuentra publicada la bibliografía usada y finalmente en el Capítulo IX se presentan los anexos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se han considerado para esta investigación los siguientes antecedentes:

2.1.1. Antecedentes internacionales

[7] La tesis “Diseño e Implementación de un Sistema de Seguridad para el Hogar con Interfaz en Android”, plantea una solución para mejorar la seguridad en un hogar basada en un sistema de detección de intrusos que utiliza diversos sensores compatibles con la plataforma arduino. Este sistema integra también dispositivos actuadores que buscan disuadir a los intrusos así como una interfaz que permite al usuario monitorear cada evento. Esta tesis guarda estrecha relación en el proceso de implementación del trabajo de investigación pues, de acuerdo a la necesidad también se ha tenido que estudiar y analizar los diversos tipos de sensores con el fin de poderlos integrar satisfactoriamente con la plataforma Arduino y poder obtener datos reales y relevantes con la finalidad de poder prevenir y alertar ante una eventualidad médica.

[8] Por otro lado, en la tesis: “Monitor de ritmo cardíaco para dispositivos Android” hace énfasis al alto índice de mortalidad en la Ciudad de México por problemas cardíacos. El estudio describe que algunas de las causas más comunes de hospitalización son debido a problemas cardíacos, como ataques al corazón, infartos o ritmos cardíacos elevados, siendo común que las personas asistan a revisiones periódicas de sus principales signos vitales. Esto implica que tengan que trasladarse hasta algún hospital o centro de salud, convirtiéndolo en una tarea complicada. A pesar de que los problemas cardíacos son comunes en gente de la tercera edad y personas con obesidad, en ocasiones no se cuenta con un medio accesible y económico con el cual puedan monitorear de forma sencilla su ritmo cardíaco en momentos determinados. A todo esto, el autor propone una solución doméstica de bajo costo para monitorear el ritmo cardíaco desde un dispositivo móvil basándose en un sensor y en un micro controlador que gestione e interprete

dichos datos. Se toma como referencia este trabajo por la igualdad de problemática que se tiene en el cuidado de la salud en ciertos pacientes y por la solución basada en micro controladores y sensores. En nuestro proyecto el micro controlador ATMEGA328 incorporado en nuestro arduino se comporta como el “cerebro del sistema” y nos ayudará a procesar información de los valores en bruto enviado por nuestro sensor de pulsos para luego transformarlos en datos válidos e interpretables tanto por un personal de salud como por una persona común. Esta solución a bajo costo nos permitirá monitorear este signo vital y poder prevenir para salvaguardar lo más preciado del ser humano; la vida.

[9] En la tesis: “Sistema De Control Domótico Basado En Arduino, Aplicación Móvil Y Voz”, se basó en el desarrollo de un sistema prototipo aplicado a una maqueta en pequeña escala que permitirá el bienestar y seguridad dentro de cualquier área que sea implementado, capaz de lograr el resguardo de recursos tangibles y el confort para realizar actividades sin esfuerzo alguno, donde se utilizaron sensores de temperatura, de movimiento y otros dispositivos electrónicos que nos ayuden a realizar la automatización de estos aparatos eléctricos mediante una placa Arduino y el control mediante una aplicación móvil elaborada en App Inventor 2 a través de una conexión inalámbrica Bluetooth que será el nexo de la comunicación entre la aplicación con los sensores y actuadores deseados. Este trabajo fue tomado en cuenta debido a que ayuda a tener una visión global de todo lo que se debe tener en cuenta en el desarrollo del sistema de alerta temprana para el cuidado de los pacientes

[10] En la tesis “Diseño y elaboración de un Prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles” hace mención a la problemática y a la extrema importancia que se debe tener a los detalles de los procedimientos de toma de los signos vitales, así como la

interpretación correcta de estos datos. En consecuencia el autor lista exhaustivamente los valores normales de los signos vitales como: Temperatura, Frecuencia Cardíaca y Presión Arterial. Se ha considerado tomar como referencia esta tesis porque nos brinda datos relevantes sobre los valores a considerar en la medida de la frecuencia cardiaca de un paciente. En nuestro trabajo de investigación incluimos un sensor de pulsos compatible con arduino que junto con la programación y validación adecuada de acuerdo a estos parámetros, podemos obtener datos válidos y actuar preventivamente ante cualquier eventualidad de riesgo.

[11] Por otro lado, la tesis “Diseño de Sistema de Monitoreo para Casa UNAM” cuyo objetivo fue de monitorear y medir en forma de variables físicas los cambios ambientales mediante sistemas embebidos compuestos por una Base de Datos de Micro controladores ATMEGA328 digitales de última generación y de bajo costo, hace mención a la utilización de un Sistema Operativo de tiempo real (RTOS) para ejecutar rutinas de censado y de comunicación. Una de las ventajas de la utilización de arduino es su interacción en tiempo real con sus sensores. En nuestro proyecto hemos utilizado la librería FreeRTOS optimizada para el IDE de Arduino que agiliza las labores de censado y comunicación entre transmisor y receptor inalámbrico.

2.1.2. Antecedentes nacionales

[12] La tesis “Sistema Demótico De Control Centralizado Con Comunicación de Video”, nos narra una problemática sobre los costos en adquisición e instalación de los sistemas demóticos en nuestro país y nos brinda una propuesta de solución para la disminución de estos costos, sugiriendo la utilización de múltiples tecnologías vigentes en el mercado, entre ellas el uso de la comunicación inalámbrica por radiofrecuencia (Bluetooth). Se tomó en consideración esta tesis porque aborda una propuesta de comunicación inalámbrica por radiofrecuencia. Este trabajo de

investigación utiliza el mismo tipo de comunicación, integrando un módulo bluetooth compatible con arduino y que opera en un espectro de frecuencia de los 2.4Ghz, interactuando de manera versátil y eficaz con dispositivos móviles o con computadoras de escritorio que integren un dispositivo bluetooth.

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Accidentes comunes en personas ancianas dentro del hogar

[8] De los accidentes domésticos que sufren las personas mayores, los más frecuentes son, con diferencia, las caídas. Los datos del INE revelan que, en 2016 (último año del que se publicaron registros), murieron 2.523 personas de 65 o más años debido a caídas accidentales. Además, según la última versión del Informe de Detección de Accidentes Domésticos y de Ocio (DADO), editada por el Ministerio de Sanidad, el 58 % se producen en el hogar. Y la mitad de ellos son en un mismo nivel y por tropiezo. A nivel global, de acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las caídas son la segunda causa de muerte por lesiones no intencionales, solo superadas por los traumatismos ocasionados por el tránsito.

2.2.2. Tecnología Arduino

Arduino se basa en una placa con un micro controlador y un entorno de desarrollo, es pocas palabras en una plataforma de hardware libre, elaborado para darle un fácil uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. También Arduino nos brinda un software sólido en un entorno de desarrollo (IDE) que realiza el lenguaje de programación de arduino y el bootloader hecho en la placa. Una de las principales característica del software de programación y del lenguaje de programación es su simplicidad y es de fácil uso.

2.2.3. Ventajas de Arduino

Arduino se puede usar para elaborar elementos autónomos, enlazándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como con el software. Nos

es útil tanto para fiscalizar un elemento, pongamos como ejemplo un motor que nos baje o nos eleve una cortina o persiana basada en la luz que hay en una habitación, con la ayuda de un sensor de luz conectado al Arduino, o bien para leer la información de una fuente, como puede ser un teclado, y transformar la información en una acción como se podría dar el caso de encender una luz y pasar por un display lo tecleado.

2.2.4. Utilidad de Arduino

Si bien se sabe, Arduino es una plataforma que se usa para programar un micro controlador y de tal manera puede realizar todo lo que hace una MCU, donde nuestra gran imaginación es el límite. Arduino puede realizar varias tareas encomendadas a través de su sistema libre programado, esto quiere decir que es capaz de hacer tareas de un autómatas e intercambiar datos con un SCADA (Supervisión, control y recolección de datos).

La utilidad que se le puede dar a Arduino es como una herramienta prototipada para realizar una vista rápida de un pensamiento o calcular resultados de manera objetiva. También podemos convertir las cosas en “Smart”, o sea, que puedan conectarse a internet, podemos enviar emails, publicar en diferentes redes sociales, poner datos en internet de manera inmediata o en un servidor personal, interactuar con el entorno remotamente, etc.

2.2.5. Alerta basada en Arduino

Según Rodríguez (2015) en el sistema arduino, se halla la forma alerta inscrita a un usuario. El cliente tiene la opción de implantar y activar muchas alertas desde la web. El fin de estas alertas es detener la monitorización cuando sobre pase los valores de la alerta iniciada.

El sistema se realiza en el proceso principal de la acción. Cada vez que verifica y monitoriza los valores, rápidamente demuestra en la lista de alertas que han sido activadas y si el valor está lejos del rango de la alerta del tipo de dato adecuado.

Cuando ocurra este caso surgirá la información de la alerta enviada

2.2.6. Características de las Alertas y Ventajas

[13] Las alertas basadas en arduino nos dan las siguientes ventajas:

- 1) Nos permite configurar los parámetros en el cual nuestra alerta se activará.
- 2) Es muy fácil de gestionar a través de los sensores instalados.
- 3) Se pueden gestionar y configurar alertas de acuerdo a cada sensor instalado.
- 4) Las alertas pueden ser variables y modificadas en el tiempo para obtener un mejor resultado.
- 5) Se reduce casi a cero la activación de la alerta debida a un falso positivo.

2.2.7. Entorno de Aplicación Arduino

Arduino se ha vuelto popular debido al creciente movimiento del DIY, como un elemento de bajo costo para hacer pequeños proyectos de “bricolaje”, pero arduino no solo es solo eso, ya que existe varios entornos de aplicación de Arduino: automatización industrial, domótica, herramienta de prototipado, plataforma de entrenamiento para aprendizaje de electrónica, tecnología para artistas, eficiencia energética, monitorización, obtención de datos, DIY, aprendizaje de habilidades tecnológicas y programación, etc.

En el ámbito educativo, arduino ha entrado con mucho empuje para entrenar habilidades y como una herramienta pedagógica, tanto en institutos secundarios y bachilleratos, como en temas profesionales y universitarios.



Fig. 1. Prototipo Arduino. [14]

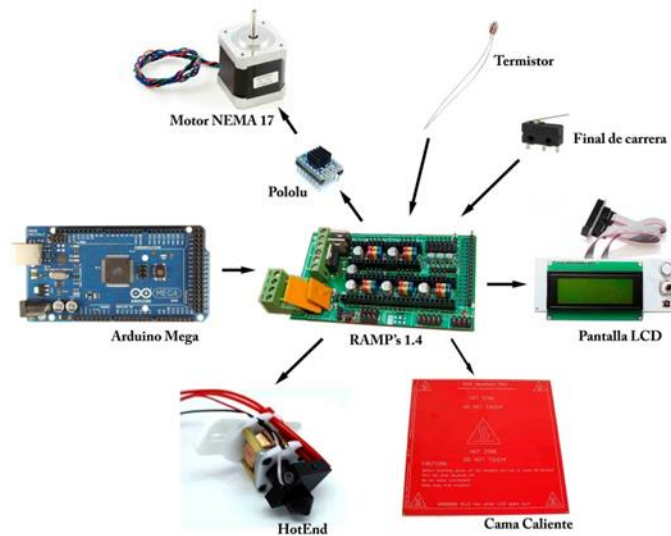


Fig. 2. Elementos Arduino. [14]

2.2.8. Hardware Arduino

La definición del hardware de arduino es una placa acompañada de un micro controlador. Un micro controlador (abreviado μC , UC o MCU) se dice que es un circuito integrado programable, que tiene la capacidad de realizar las órdenes guardadas en su memoria. También se dice que está integrado de varios bloques funcionales, dichos bloques cumplen una labor concreta. Un micro controlador contiene dentro las 3 principales unidades básicas funcionales de una computadora: memoria, periféricos de entrada y salida y una unidad central de procesamiento.

2.2.8.1. Características de un Micro Controlador:

Tamaño de palabras
Rapidez del oscilador o reloj
Memoria: SRAM, Flash, EEPROM, ROM, etc.
I/O digitales
Salidas analógicas (pwm)
Entradas analógicas
DAC (Digital to Analog Converter)

ADC (Analog to Digital Converter)
UART
Buses
Diferentes comunicaciones

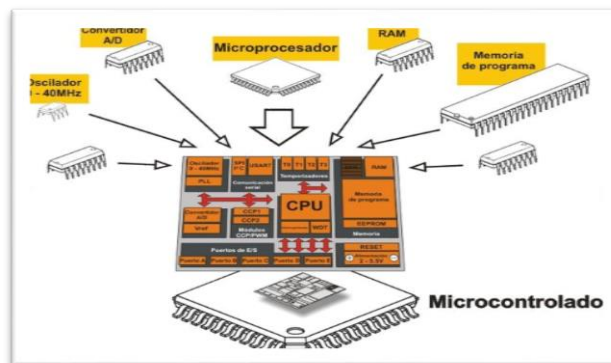


Fig. 3. HW Arduino. [14]

Arduino dispone de una variedad de placas y shields para usar, todo depende de los requisitos que tengamos. Un shield se dice que es una placa configurable que se puede poner en la parte superior de los arduinos y nos permite ampliar los contenidos del arduino.

Las shields se pueden comunicar con el arduino mediante pines, por algunos de los pines digitales o analógicos o por algún bus como el SPI, I2C o puerto serie, así como hacer uso de algunos pines como interrupción. A la vez shield se alimentan muchas veces por medio del arduino a través de los pines de 5V y GND.

Cada uno de las shield de Arduino necesariamente debe tener las mismas dimensiones que el modelo de Arduino, con un alejado de pines concreto, de tal manera que haya sólo una manera de colocarlos.

Además del hardware arduino.cc o arduino.org contamos con placas diversas, que son copias o forks de las placas de arduino y después existen las placas compatibles con arduino, que son aquellas placas que no están construidas al inicio de las placas de arduino y que puede usar otros micro controladores, pero se programan al igual que arduino e inclusive con el mismo IDE.

En el interior del ambiente Arduino, podemos hallar placas que están basadas en el micro controlador ESP8266 con wi-fi formado y cantidad de protocolos TCP/IP que no continua con el factor de perfil de arduino.

2.2.9. Software Arduino

El software de Arduino es un IDE, un entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment). Es decir, un programa informático compuesto por un conglomerado de herramientas de programación. El IDE de arduino, es un ambiente de programación que fue agrupado como un programa de aplicación; o sea, es un editor de código, un depurador, un compilador, y un elaborador de interfaz gráfica (GUI). A la vez, contiene las herramientas para correr el programa ya compilado dentro de la memoria flash del hardware.

Es notorio, que desde la versión 1.6.2, el alistamiento de la gestión de librerías y la elaboración de placas bien diseñadas, con respecto a la anterior versión y de los avisos de actualización de las diferentes versiones de cores y librerías.

Al partirse el arduino, se ha logrado producir una división en las placas y también en los IDEs. Arduino posee su IDE en <http://www.arduino.org/downloads> pero es en sí un fork de IDE de arduino cc. En un comienzo el IDE de arduino solo lograba soporte para los clones o forks y las placas arduino con el mismo micro controladores que los arduinos genuinos. Con la versión 1.6.2 del IDE de arduino.cc y gestor de placas, se puede incorporar soporte a otro micro controlador y placas al IDE de Arduino, como al ESP8266.

Además de los IDEs clásicos, hay otros IDEs oficiales. Arduino.cc tiene habilitado un IDE on-line contenido en el ambiente Arduino Create (<https://create.arduino.cc/>) la cual es una plataforma integrada on-line que nos permitirá digitar código, entrar a contenido, arreglar placas y poder comunicar proyectos, muy orientado al internet de las cosas (IoT).

Por su parte, arduino.org está elaborando un nuevo IDE que lleva como nombre Arduino Studio, que se encuentra aún en etapa de prueba.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Es aplicativa, pues se atenderá una problemática que será mejorada con la aplicación de una herramienta tecnológica.

3.2. Diseño de investigación

Se hará uso del diseño pre experimental para obtener los resultados en la gestión de las inversiones de TI en la empresa. Diagramado de la siguiente manera:

O1 X O2

O1: Accidentes o emergencias médicas de los residentes con enfermedades crónicas sin alertar.

X: Implementación del sistema de alerta basado en tecnología Arduino.

O2: Accidentes o emergencias médicas de los residentes con enfermedades crónicas alertadas.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Nuestra población de estudio son todos los residentes del condominio Daniel Alcides Carrión de la ciudad de Chiclayo, la muestra serán aquellas familias que tengan un paciente con alguna enfermedad crónica y la aplicación se hará en la casa de una de estas familias.

3.3.2. Muestra

Para determinar nuestra muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Dónde:

N = tamaño de la población,

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso y

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Aplicamos la fórmula y el resultado nos da: 75 personas como muestra para aplicar nuestro trabajo de investigación.

3.4. Criterios de selección

Técnica	Instrumento	Elementos de la población	Descripción
Encuesta	Cuestionarios con preguntas cerradas y abiertas	Residentes del condominio médico Daniel Alcides Carrión de la ciudad de Chiclayo.	Familia que tenga un paciente con alguna enfermedad crónica

3.5. Operacionalización de variables

Las variables que se han utilizado como elementos básicos en el desarrollo de la hipótesis están identificadas de la siguiente manera:

3.5.1. Variables

3.5.1.1. Variable independiente

Sistema con tecnología Arduino

3.5.1.2. Variable dependiente

Apoyo en la atención a tiempo de los accidentes y emergencias médicas presentadas en los residentes con enfermedades crónicas.

3.5.2. Indicadores (Operacionalización de variables)

TABLA I
INDICADORES

Objetivo específico	Indicador(es)	Definición conceptual	Unidad de medida	Instrumento	Definición operacional
Implementar una central de alerta para la atención inmediata de accidentes o emergencias médicas pacientes con enfermedades crónicas.	Ratio de alertas a la Central de Comunicaciones.	Mide el número de alertas entrantes a la Central de Comunicaciones en un período de tiempo determinado.	Porcentaje	Registro de alertas.	Nro. De Alertas entrantes / periodo específico.
Establecer mecanismos de comunicación entre los pacientes y sus familiares.	Medios de comunicación confiables	Mide el nivel de confianza de la comunicación entre la central de alerta y los centros de emergencias más cercanos.	Total mensual	Registro de Alertas	Total de alertas presentadas – total de alertas confirmadas.
Disminuir tiempo de atención ante un accidente o emergencia	Tiempo de gestión de la alerta.	Mide el tiempo desde que emite la alerta hasta que se presta la atención requerida	Minutos	Registro de Alertas	Hora de atención de la alerta – Hora de reportada la alerta

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El procesamiento para el análisis de datos es de tipo estadístico, usaremos la herramienta Microsoft Excel para tabular las respuestas brindadas por las familias de la muestra, finalmente esta herramienta nos ayudará a conocer las necesidad y tipo de cobertura a tener en cuenta para la implementación de los sensores y la central de alerta.

3.7. Procedimientos

3.7.1. Metodología de desarrollo

Debido a que nuestro sistema sugiere tiempos cortos de respuesta, es necesario aplicar un desarrollo específico para cada aplicación además de satisfacer ciertos requerimientos inherentes al desarrollos de sistemas en tiempo real.

La gran mayoría de métodos tradicionales de desarrollo de software utilizan un proceso secuencial. Parten de la definición de requisitos funcionales, siguen con la creación de un modelo arquitectónico para el sistema, luego el diseño detallado, la codificación y finalmente las pruebas del sistema resultante. Los requisitos no funcionales (requisitos de respuesta, seguridad, fiabilidad) se comprueban en las etapas finales de desarrollo. Este modo de trabajo presenta un claro inconveniente: muchos errores se encuentran solo al final y volver atrás es muy costoso.

El desarrollo de este proyecto se sustentó en la Metodología Orientada a la construcción de Sistemas en Tiempo Real (HRT-HOOD) desarrollada en la Universidad de York (Canadá). Esta metodología utiliza un proceso de desarrollo iterativo y consta de los siguientes procesos muy bien definidos y estructurados:

- 1) Reconocimiento explícito de los tipos de actividades/objetos que se pueda encontrar en un sistema crítico.
- 2) Integración de parámetros apropiados en el proceso de planificación en el proceso de diseño.

- 3) Definición explícita de los requisitos temporales de cada objeto de la aplicación.
- 4) Definición de la importancia relativa de cada objeto para el funcionamiento correcto de la aplicación.



Fig. 4. Proceso del Desarrollo Iterativo. [15]

3.7.2. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos en el desarrollo de la presente tesis se efectuó con la finalidad de identificar las fases, entregables y objetivos afectados durante desarrollo de la presente tesis, las mismas se detallan en el *Anexo N° 02*.

3.7.3. Producto acreditable

1. Definición de Requisitos

Se definieron los requisitos funcionales para el sistema de alerta temprana, logrando satisfactoriamente la primera fase para el resto de etapas. (Ver 4.1.4, Iteración #1)

2. Diseño de la arquitectura lógica

El diseño de la arquitectura lógica se define en el punto 4.1.2, Iteración #2.

3. Arquitectura Física

Considerando la arquitectura anteriormente descrita, se definen las características de cada uno de sus componentes en el *ítem 4.1.3 Iteración #3: Arquitectura Física.*

4. Codificación

Considerando la arquitectura anteriormente descrita, se definen la programación básica de nuestro sistema de alerta temprana en el *ítem 4.1.4 Iteración #4: Codificación.*

5. Pruebas

Considerando la arquitectura anteriormente descrita y la codificación desarrollada en nuestro sistema, se llevan a cabo las pruebas en el *ítem 4.154 Iteración #5: Pruebas.*

3.7.4. Manual de usuario

Se elaboró un manual de usuario con la finalidad de ayudar a los usuarios en el uso del sistema de alerta temprana que se implementó, la cual se muestra en el *Anexo N° 3*.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Detallé aquí el plan de procesamiento y análisis de datos.

3.9. Matriz de consistencia

TABLA II
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES DE ESTUDIO</u>
¿Cómo apoyará un sistema de alerta temprana en los cuidados de los pacientes con enfermedades crónicas?	Apoyar a los familiares en los cuidados de sus pacientes con enfermedades crónicas a través de un sistema de alerta temprana	El sistema de Alerta temprana basado en la tecnología Arduino apoya a los familiares en el cuidado de los pacientes con enfermedades crónicas.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Sistema de alerta temprana basado en Arduino</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Cuidado de los pacientes con enfermedades crónicas</p>
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>		<u>INDICADORES</u>
Implementar una central de alerta para la atención inmediata de accidentes o emergencias médicas de los residentes.	Medir el número de alertas entrantes a la Central de Comunicaciones en un período de tiempo determinado.		Ratio de alertas a la Central de Comunicaciones
Establecer mecanismos de comunicación entre los pacientes y sus familiares.	Medir el nivel de confianza de la comunicación entre la central de alerta y los centros de emergencias más cercanos		Medios de comunicación confiables
Disminuir tiempo de atención ante un accidente o emergencia.	Medir el tiempo desde que emite la alerta hasta que se presta la atención requerida		Tiempo de gestión de la alerta

3.10. Consideraciones éticas

A continuación se listan los aspectos que se han considerado para la protección y bienestar de los participantes de esta investigación, en este caso los métodos de recolección de datos, así como de la seguridad (resguardo) de los datos:

- ✓ Aplicación de técnicas de recolección de datos: Encuestas, entrevistas, etc.
- ✓ Seguridad de la información.
- ✓ Protección de contraseñas y datos registrados.
- ✓ Resguardo de los datos y secreto de la información.

IV. RESULTADOS

4.1. En base a la metodología utilizada

4.1.1. Iteración #1: Definición de Requisitos

Para este caso se define los requisitos del sistema y de los usuarios.

- Requisitos de los usuarios: Los requisitos de los usuarios para con el sistema son:
 - Facilidad de uso.
 - Costos bajos.
 - Compatibilidad con sus celulares.
- Requisitos del sistema: para realizar un prototipo se requiere los siguientes componentes:
 - Placa Arduino uno.
 - Módulo Bluetooth HC-05.
 - Display.
 - Sensor de pulsos BPM-95
 - Sensor de pulsos cardíacos.
 - Computadora
 - Equipo celular

Estos son los requisitos preliminares

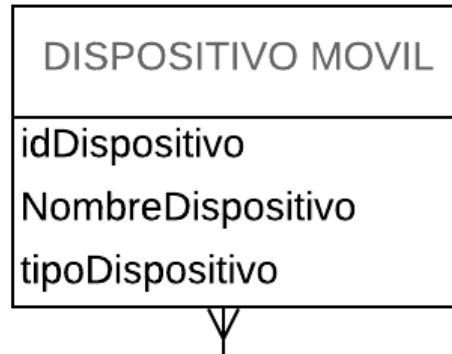
4.1.2. Iteración #2: Arquitectura Lógica

Para la arquitectura lógica podemos encontrar los siguientes elementos:

1. Dispositivo Móvil: cuya función principal es recibir los mensajes o alertas que se puedan detectar a través de los sensores, esta entidad está compuesta por los siguientes atributos:
 - a. Id: identificación única que permitirá restringir o aceptar la conexión con el computador central.
 - b. nombreDispositivo: esto servirá para llevar un registro de cuantos dispositivos están conectados.

- c. TipoDispositivo: Permite conocer qué tipo de dispositivos están conectados

Entidad:

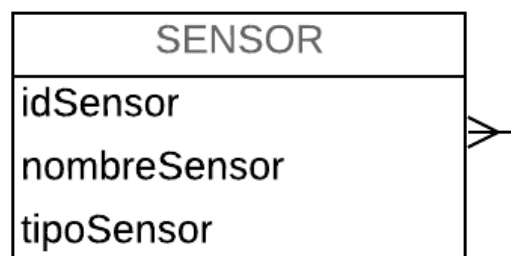


- 2. Entidad Sensor: La entidad sensor será la encargada de interactuar directamente con la persona, esta entidad recibirá y enviará las pulsaciones al display.

Atributos:

- a. idSensor: identificación única que permitirá restringir o aceptar la conexión con el computador central.
- b. nombreSensor: Permitirá identificar que sensor está conectado y enviando pulsaciones al display.
- c. tipoSensor: Permite conocer qué tipo de sensor están conectados y enviando información al display.

Entidad:

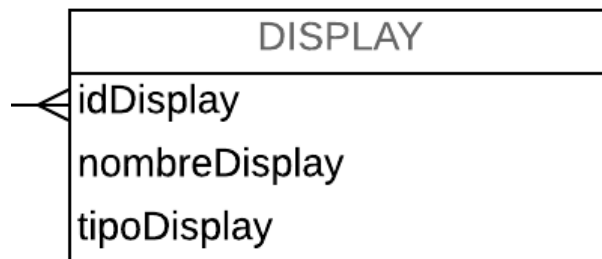


- 3. Entidad Display: Es la encargada de recibir la información que envían los sensores, clasificarlas y enviarlas al computador central.

Atributos:

- a. idDisplay: identificación única que permitirá restringir o aceptar la conexión con el computador central
- b. nombreDisplay: Permitirá asociar el display a los diferentes sensores que se encuentran instalados.
- c. tipoDisplay: Permite conocer qué tipo de display están conectados y enviando información al computador.

Entidad:

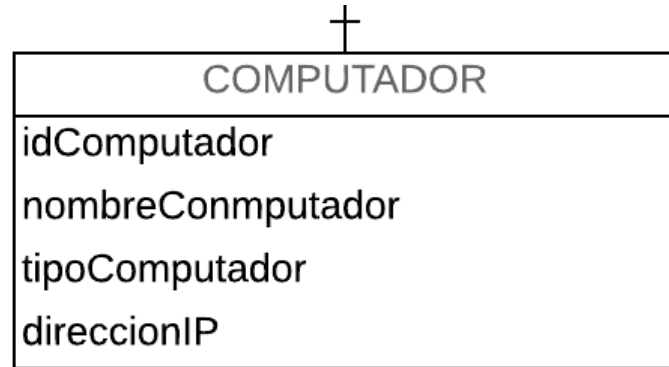


4. Computador: Es el encargado de recibir la información del display, procesarla y enviar las alertas si la información procesada está fuera de los rangos programados.

Atributos:

- a. idComputador: Es el identificador que permitirá asociar a los componentes del sistema de alarma con el computador central.
- b. nombreComputador: Permitirá asociar el computador a los diferentes sensores que se encuentran instalados y facilitar su configuración.
- c. tipoComputador: Permite conocer qué tipo de placa Arduino se está usando y como se está efectuando la conexión.

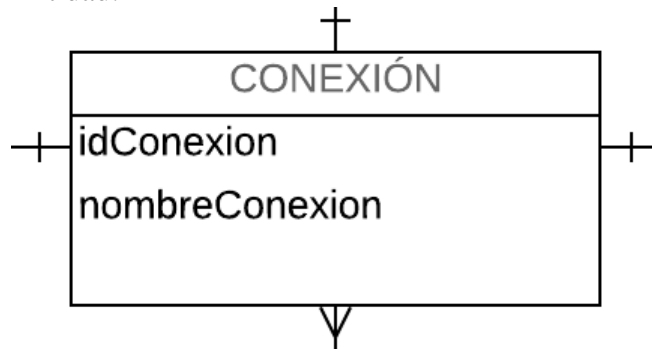
Entidad:



5. Entidad Conexión: Es la encargada de realizar la conexión entre los diferentes dispositivos del sistema de alarma, así mismo la que permitirá o no el acceso a otros dispositivos no identificados.

- a. idConexion: Es el identificador que permitirá asociar a los componentes del sistema de alarma con entre sí.
- b. nombreConexión: Facilita la búsqueda de los dispositivos a conectar y su posterior conexión.

Entidad:



6. Diagrama Lógico General:

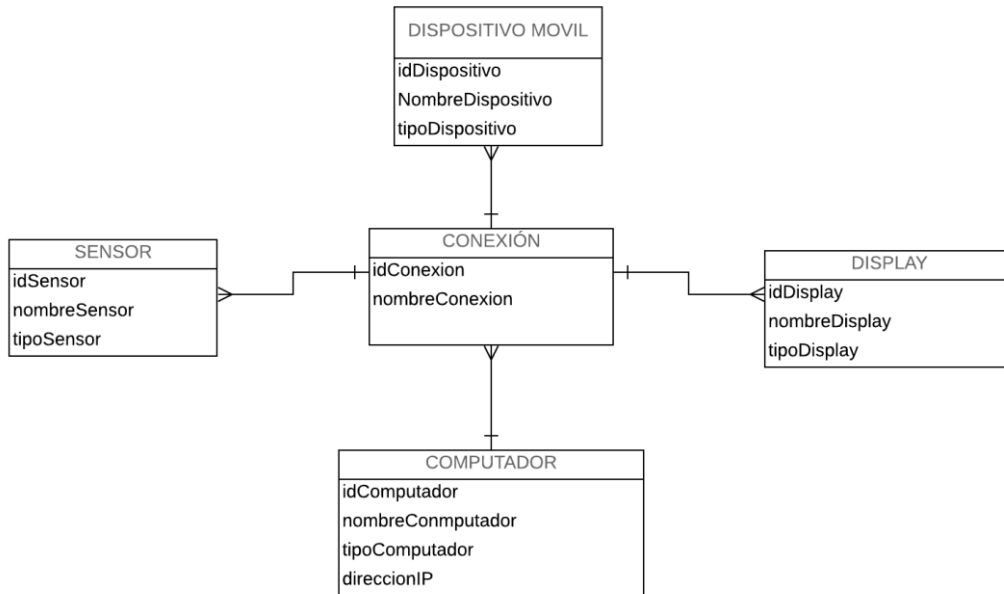


Fig. 5. Diagrama Lógico General

4.1.3. Iteración #3: Arquitectura Física

Para la implementación del prototipo del sistema de alertas basadas en arduino, se necesitaron los siguientes componentes:

1. **Dispositivo Móvil:** El dispositivo móvil puede ser desde una laptop, Tablet hasta un equipo celular, el cual recibirá la alerta generada por alguna alteración en las reglas establecidas.
2. **Sensor de Pulsos:** El sensor de pulsos es el encargado de tomar las pulsaciones arteriales de las personas, este sensor es el que interactúa todo el tiempo con el paciente.

Detalle Técnico:

- Modelo: SEN_0386
- Potencia: 4 mA a 5 V.
- Dimensión: 19mm diámetro y 3mm grueso.

3. Display: El display nos permite recibir la información emitida por los sensores a través de señales eléctricas y las transforma en información visual fácilmente entendible para los usuarios.

Detalle Técnico:

- Pantalla LCD de 16×2 caracteres ideal para utilizarse en proyectos de arduino y con micro controladores PIC. Es de 16 caracteres y 2 líneas, compatible con el controlador HD44780 de Hitachi. Esta pantalla cuenta con iluminación de fondo azul con letras blancas. El chip controlador de esta pantalla es extremadamente común y el código necesario se encuentra disponible libremente en internet. Se puede utilizar fácilmente con cualquier micro controlador que tenga al menos 6 pines disponibles. En nuestro sitio web contamos con un tutorial para el uso de esta pantalla con un micro controlador PIC.
 - Controlador HD44780
 - Color: Fondo azul, letras blancas
 - Modo de Operación: 4 y 8 bits
 - Voltaje de operación: 4.5 – 5.5V
4. Computador: el computador a usar es el Arduino uno, Arduino Uno es una placa electrónica basada en el micro controlador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteo. La placa incluye todo lo necesario para que el micro controlador haga su

trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

Detalle Técnico:

- Micro controlador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v
- Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ.

5. Módulo de conexión: El módulo de conexión a usar es el Bluetooth HC-05, este módulo de conexión permite trabajar de modo Maestro-Esclavo, quiere decir que además de recibir conexiones desde una PC o tablet, también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth. Esto nos permite por ejemplo, conectar dos módulos de bluetooth y formar una conexión punto a punto para transmitir datos entre dos micro controladores o dispositivos. El HC-05 tiene un modo de comandos AT que debe activarse mediante un estado alto en el PIN34 mientras se enciende (o se resetea) el módulo. En las versiones para protoboard este pin viene marcado como “Key”. Una vez que estamos en el modo de comandos AT, podemos configurar el módulo bluetooth y cambiar parámetros como el nombre del dispositivo, password, modo maestro/esclavo, etc.

6. Diagrama de la Arquitectura Física

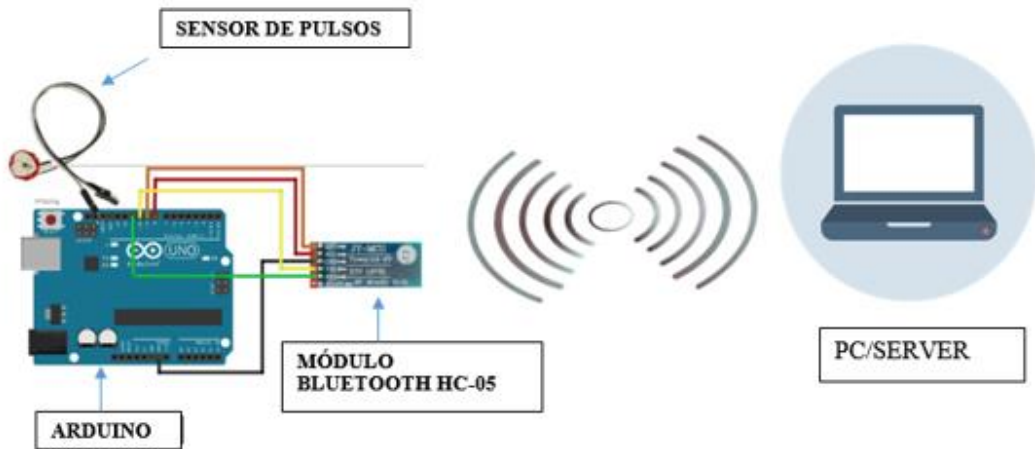


Fig. 6. Diagrama de la Arquitectura física

4.1.4. Iteración #4: Codificación

4.1.4.1. Programación del Sensor de Pulsos



Fig. 7. Sensor de Pulsos. [14]

Primero, es muy importante tener una frecuencia de muestreo regular con una resolución lo suficientemente alta para obtener una medición confiable de la sincronización entre cada tiempo. Para realizar esto, configuramos Timer2, un temporizador de hardware de 8 bits en el ATmega328 (UNO), para que haga una interrupción cada milisegundo. Eso nos brinda una frecuencia de muestreo de 500Hz y una resolución de tiempo de latido a latido de 2 ms (nota 2). Esto

deshabilitará la salida PWM en los pines 3 y 11. Además, deshabilitará el comando tone ().

```
void interruptSetup () { TCCR2A = 0x02;

    TCCR2B = 0x06;
    OCR2A = 0x7C;
    TIMSK2 = 0x02;
    sei ();
}
```

Los ajustes de registro anteriores le indican al Timer2 que entre en el modo CTC y que cuente hasta 124 (0x7C) una y otra vez. Se utiliza un pre escalador de 256 para tener la sincronización óptima, de tal modo que se demore 2 milisegundos en contar hasta 124. Cada vez que el Timer2 llega a 124, se establece un indicador de interrupción, y se ejecuta una función especial llamada Rutina de servicio de interrupción (ISR) que escribimos. En el siguiente momento posible, sin importar lo que haga el resto del programa. sei () asegura que las interrupciones globales están habilitadas.

```
void interruptSetup () { TCCR1A = 0x00; TCCR1B = 0x0C; OCR1A = 0x7C; TIMSK1 = 0x02; sei (); }
```

Lo único que necesita es el vector ISR correcto en el siguiente paso. Los dispositivos ATmega32u4 hacen uso de ISR (TIMER1_COMPA_vect)

Cuando el Arduino está prendido y funcionando con el Sensor de pulso Amped conectado al pin analógico 0, constantemente (cada 2 ms) lee el valor del sensor y busca el latido del corazón. Así es como funciona:

```
ISR (TIMER2_COMPA_vect) {
    Signal = analogRead (pulsePin);
    sampleCounter += 2;
    int N = sampleCounter - lastBeatTime;
```

Esta función se llama cada 2 milisegundos. Lo primero que debe hacer es tomar una lectura analógica del sensor de pulso. Luego, incrementamos la variable sampleCounter. La variable

sampleCounter la usamos para hacer un seguimiento del tiempo. La variable N nos ayudará a evitar el ruido posterior.

A continuación, realizamos un seguimiento de los valores más altos y más bajos de la onda PPG, para tener una medida precisa de la amplitud.

```
if (Señal <thresh && N > (IBI / 5) * 3) {  
    si (Señal <T) {  
        T = Señal;  
    }  
}  
  
if (Señal > trillar && Señal > P) {  
    P = Señal;  
}
```

Las variables P y T mantienen los valores pico y valle, respectivamente. La variable trilla se inicializa en 512 (medio del rango analógico) y cambia durante el tiempo de ejecución para rastrear un punto al 50% de la amplitud, como veremos más adelante. Hay un período de tiempo de $3/5$ IBI que debe pasar antes de que T se actualice como una forma de evitar el ruido y las lecturas falsas de la muesca dicróica.

Ahora, veamos y veamos si tenemos pulso.

```
si (N > 250) {  
    if ((Signal > thresh) && (Pulse == false) && (N > ((IBI / 5) * 3))  
    {  
        Pulse = true;  
        digitalWrite (pulsePin, HIGH );  
        IBI = sampleCounter - lastBeatTime;  
        lastBeatTime = sampleCounter;
```

Antes que consideremos buscar un latido del corazón, debe pasar una cantidad mínima de tiempo. Esto nos ayuda a evitar el ruido de alta frecuencia. 250 milisegundos como mínimo N coloca un límite

superior de 240 BPM. Si aguarda tener un BPM más alto, ajuste esto en consecuencia y consulte a un médico. Cuando la forma de onda se eleva más allá del valor de trilla, y 3/5 del último IBI ha pasado, ¡tenemos un pulso! Es hora de configurar la bandera de Pulso y encender el LED pulsePin. (nota: si desea hacer otra cosa con el pin 13, comente esta línea, y la última también). Luego calculamos el tiempo desde el último tiempo para obtener IBI y actualizamos lastBeatTime.

El siguiente bit se usa para asegurarnos de que comencemos con un valor de BPM realista en el inicio.

```

if (secondbeat) {
    secondBeat = falso ;
    para ( int i = 0; i <= 9; i ++ ) {
        tasa [i] = IBI;
    }
}

if (firstBeat) {
    firstBeat = false ;
    secondBeat = verdadero ;
    sei ():          retorno;          }

```

Finalmente programamos para poder usar nuestro sensor de pulsos:

```

int pulsePin = 0;
int blinkPin = 13;
int fadePin = 5;
int fadeRate = 0;
volatile int BPM;          Señal int
volátil ;          volátil int IBI =
600;          Pulso booleano volátil = falso ; booleano volátil Q
S = falso ; tasa de volatilidad int [10];

```

```

contador de muestra largo sin signo volátil = 0;
volatile unsigned long lastBeatTime = 0;
volátil int P = 512;
volátil int T = 512;
trilla int volátil = 512;
Int. volátil = 100;
volatile booleano FirstBeat = true ;
SecondBeat booleano volátil = falso ;

```

```

configuración de vacío () {
    pinMode (13, SALIDA );
    pinMode (10, SALIDA );
    De serie . comenzar (115200);
    interruptSetup ();
    // analogReference (EXTERNAL);
}

```

4.1.4.2. Programación del Display

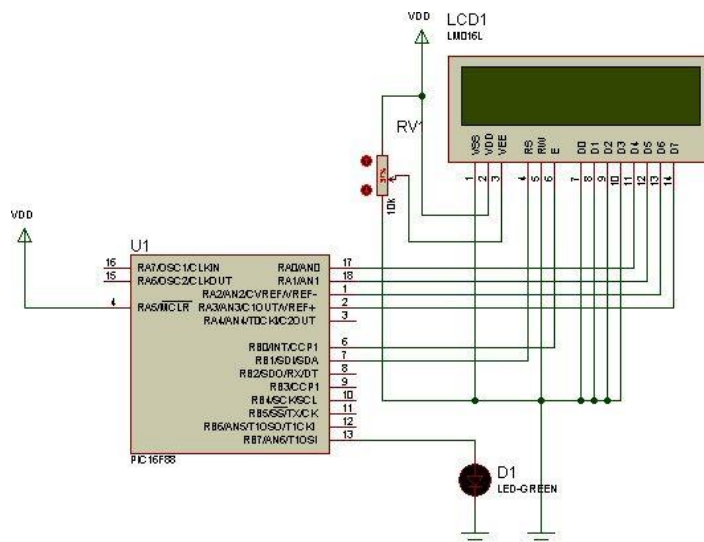


Fig. 8. Esquema de Conexión de la pantalla 16x2. [16]

Antes de programar en nuestro display debemos asegurarnos lo siguiente:

- Acoplar la pantalla LCD 16×2 a la alimentación de 5 volts, incluyendo la alimentación de la iluminación led
- Instalar un potenciómetro para el ajuste de contraste
- Acoplar los pines de datos a la pantalla (modo de 4 bits o modo de 8 bits)
- Enlazar los pines de control RS y EN (si desea el pin RW).

La primera fase consiste en la conexión de la alimentación, hay que darnos cuenta en la polaridad para evitar malograr la pantalla. En este caso usaremos los pines VSS(-), VDD(+), A(+) y K(-) para hacer la alimentación.

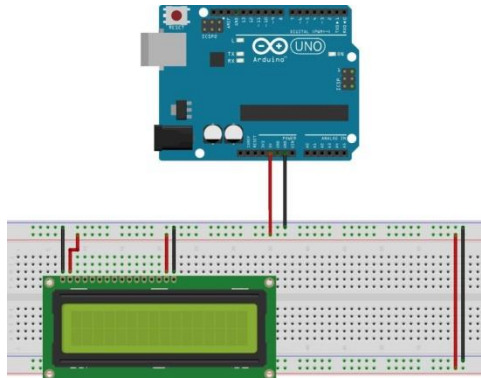


Fig. 9.Programación - pantalla LCD 16×2 con Arduino. [16]

La segunda fase es la conexión de un potenciómetro de 10K que nos permite el ajuste del contraste, los laterales del potenciómetro van al positivo y negativo de la alimentación, mientras que el cursor (centro) irá al pin VO del módulo LCD.

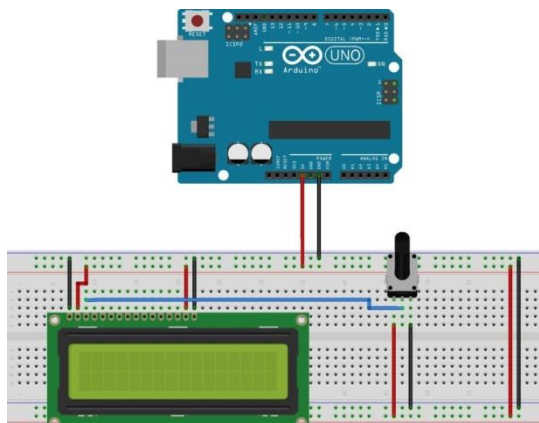


Fig. 10.Programación - pantalla LCD 16×2 con Arduino. [16]

Luego enlazamos los pines de datos D4, D5, D6, D7. Manipularemos solamente estos 4 pines ya que operaremos la pantalla en Modo de 4 bits.

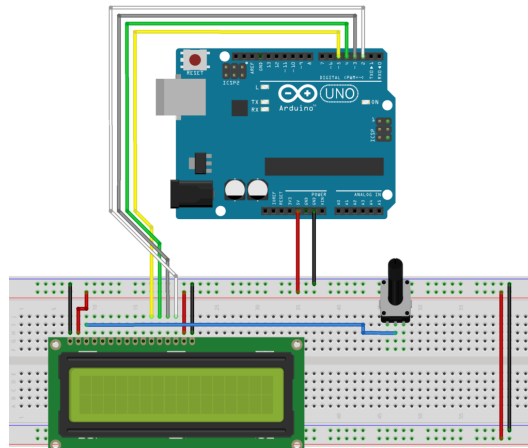


Fig. 11.Programación - pantalla LCD 16×2 con Arduino. [16]

Por último, haremos la conexión de los pines de control RS y E. El pin RW es opcional y en esta situación, no lo usamos para ahorrar un pin y mantener todo más simple.

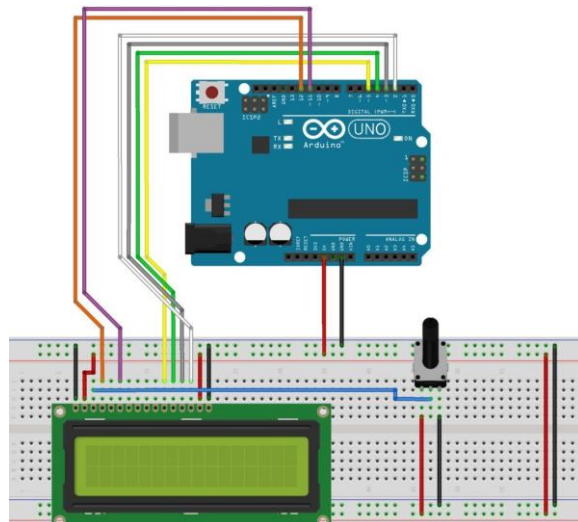


Fig. 12.Programación - pantalla LCD 16×2 con Arduino. [16]

Luego programamos para verificar que las conexiones se hallen bien. Al cargarlo, debemos mirar letras en pantalla y adicionalmente, una animación del texto se moverá en la pantalla.

```
#include <LiquidCrystal.h>

// CONSTRUCTOR PARA LA PANTALLA LCD 16X2
// AQUI SE CONFIGURAN LOS PINES PARA LA COMUNICACION CON LA PANTALLA
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```

void setup()
{
  // INDICAMOS QUE TENEMOS CONECTADA UNA PANTALLA DE
  16X2
  lcd.begin(16, 2);
  // MOVER EL CURSOR A LA PRIMERA POSICION DE LA PANTALLA
  (0, 0)
  lcd.home();
  // IMPRIMIR "Hola Mundo" EN LA PRIMERA LINEA
  lcd.print("Hola Mundo");
  // MOVER EL CURSOR A LA SEGUNDA LINEA (1) PRIMERA
  COLUMNA (0)
  lcd.setCursor ( 0, 1 );
  // IMPRIMIR OTRA CADENA EN ESTA POSICION
  lcd.print("GEEKFACTORY");
  // ESPERAR UN SEGUNDO
  delay(1000);
}

void loop()
{
  // EN EL CICLO PRINCIPAL SOLAMENTE RECORREMOS EL
  MENSAJE DE UN LADO A OTRO
  // VARIABLE PARA CONTROL DE CICLOS
  int i;

  // DESPLAZAR LA PANTALLA A LA DERECHA 2 VECES
  for ( int i = 0; i < 5; i++ ) {
    lcd.scrollDisplayRight();
    delay (1000);
  }

  // DESPLAZAR LA PANTALLA A LA IZQUIERDA 2 VECES
  for ( int i = 0; i < 5; i++ ) {
    lcd.scrollDisplayLeft();
    delay (1000);
  }
}

```

Luego nos aseguramos que nuestra pantalla muestre los valores medidos por sensores. El siguiente código nos ayuda a probar como se visualizará el valor medido por nuestro sensor de pulsos, en este ejemplo estaremos utilizando un potenciómetro para simular la entrada del sensor:

```

#include <LiquidCrystal.h>

// CONSTRUCTOR PARA LA PANTALLA LCD 16X2
// AQUI SE CONFIGURAN LOS PINES PARA LA
COMUNICACION CON LA PANTALLA
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup()
{

```

```

// INDICAMOS QUE TENEMOS CONECTADA UNA PANTALLA
DE 16X2
lcd.begin(16, 2);
// MOVER EL CURSOR A LA PRIMERA POSICION DE LA
PANTALLA Y BORRAR (0, 0)
lcd.clear();
// IMPRIMIR CADENA EN LA PRIMERA POSICION
lcd.print(" GEEKFACTORY.MX ");
// ESPERAR UN SEGUNDO
delay(1000);
}

void loop()
{
// BORRAMOS TODA LA PANTALLA PARA ACTUALIZARLA
CADA SEGUNDO
lcd.clear();
// IMPRIMIR UN ENCABEZADO
lcd.print(" POTENCIOMETRO ");

// REALIZAR LECTURA ANALOGICA EN PIN A0
unsigned int val = analogRead(A0);
// CONVERTIR ESE VALOR A VOLTAJE (ASUMIENDO QUE EL
ARDUINO SE ALIMENTA A 5 VOLTS)
float volts = (val * 5.0) / 1024.0;

// IMPRIMIR VALORES EN LA SEGUNDA LINEA,
COMENZANDO POR EL VALOR DIRECTO DEL ADC
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(val);

// IMPRIMIR EL VALOR EN VOLTAJE, DESPUES DE LA
LECTURA DEL ADC
lcd.setCursor(6, 1);
lcd.print(volts, 1);

// ESPERAR UN SEGUNDO ANTES DE CONTUNUAR
delay (1000);
}

```

Con este código nos aseguramos que lo programado para nuestro sensor de pulso funcione correctamente.

4.1.5. Iteración #5: Pruebas

Lo ideal para medir el pulso es poner el sensor de pulso en el dedo, directamente o bien mediante algún sistema mecánico que lo deje fijo. En este caso lo hemos sujetado nuestro sensor al dedo medio como se puede apreciar a continuación.

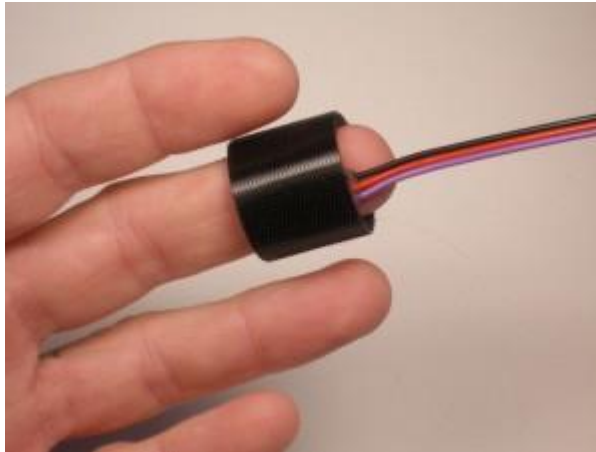


Fig. 13. Conexión del sensor de pulsos cardiacos en el dedo medio

Consideraciones:

El brazo donde se va a realizar la medición debe estar relajado y debajo de la altura del corazón, preferentemente apoyado sobre cualquier superficie rígida

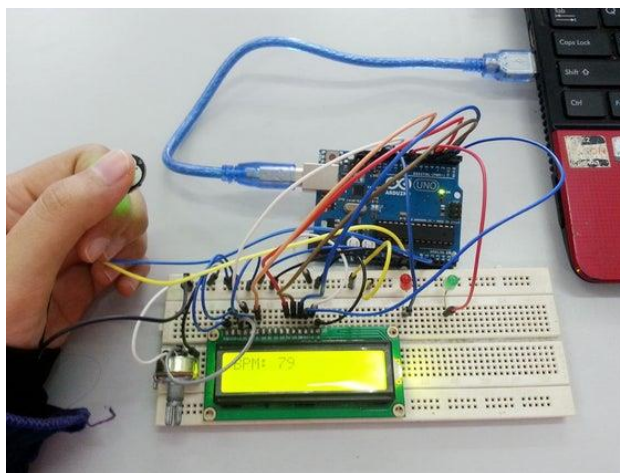


Fig. 14. Conexión de componentes de Arduino

Una vez que el sistema detecte el pulso cardíaco escribirá los datos en el puerto serial de nuestro arduino. Se puede apreciar una lectura de 82 BPM (Batidos por Minuto).

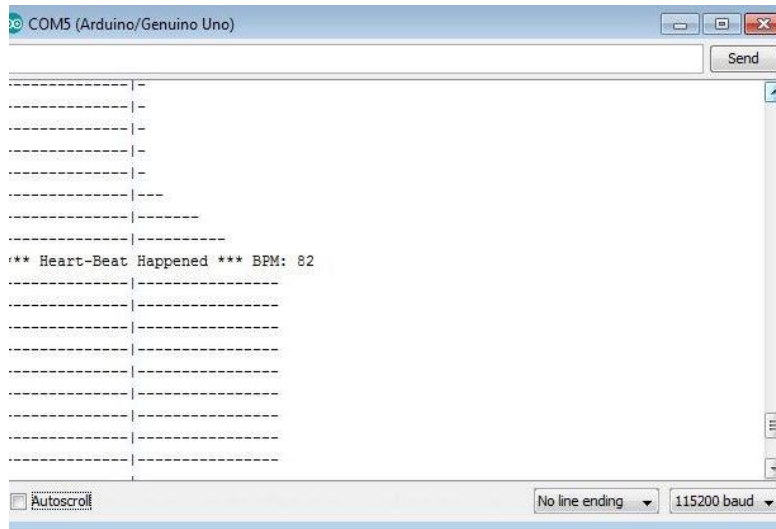


Fig. 15.Resultado de pruebas en computador

Una vez verificada la lectura en el puerto serial del Arduino procedemos a comprobar si el dispositivo está enviando la señal por Bluetooth hacia el dispositivo móvil.

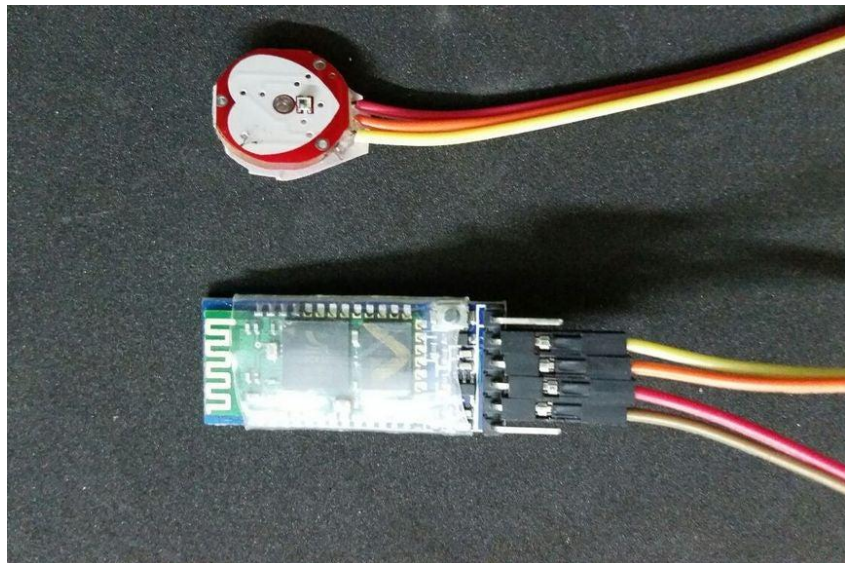


Fig. 16.Sensor de pulsos y conector bluetooth

Consideraciones: Esta funcionalidad se puede probar con cualquier app que capture datos por puerto serial. Para las siguientes pruebas hemos descargado y utilizado la aplicación “Bluetooth Terminal”

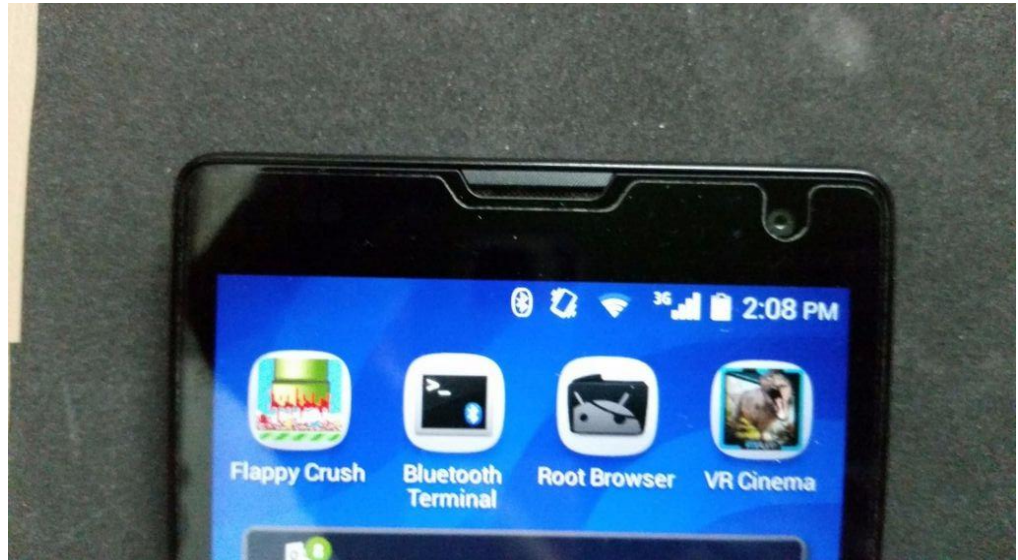


Fig. 17.Instalación de la app Serial bluetooth terminal

Como se puede apreciar, comprobamos que nuestro Sistema está enviando los datos por Bluetooth correctamente.

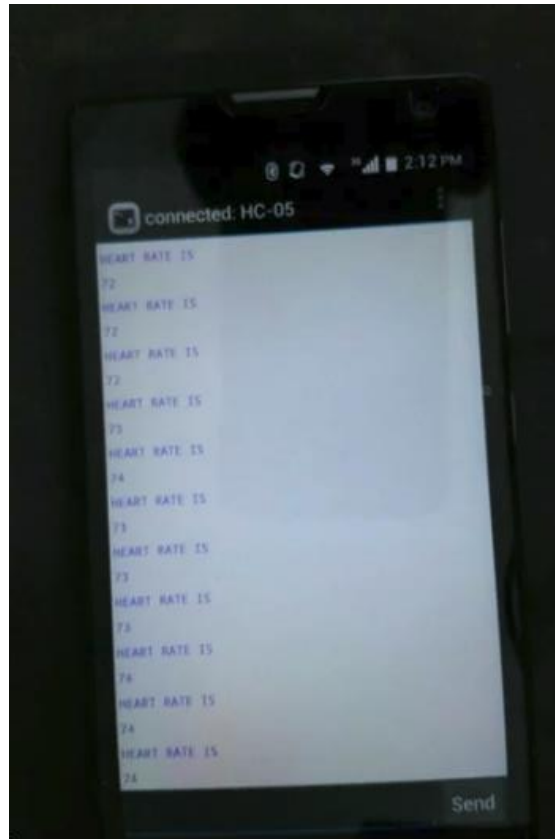


Fig. 18.Resultados mostrados en terminal móvil

4.2. En base a los objetivos de la investigación

4.2.1. Descripción de objetivo: Implementar una central de alerta para la atención inmediata de accidentes o emergencias médicas de los residentes.

Se ha desarrollado una arquitectura que permite obtener datos de un sensor, en este caso un sensor de pulsos cardiacos, procesar la información obtenida mediante los pulsos, convertirla a información entendible y mostrarla a través de nuestro dispositivo móvil.

De la siguiente forma se logra alcanzar el objetivo planteado, el cual se explica a continuación:

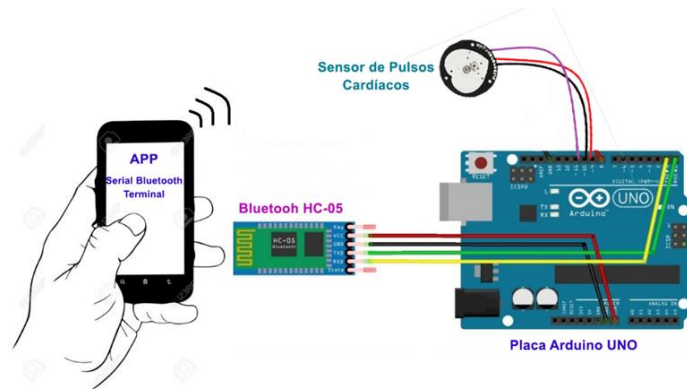


Fig. 19. Central de alerta diseñada

El sensor de pulsos va conectado a la placa Arduino 1, esta mediante la programación desarrollada procesa la información brindada por el sensor. La información procesada por la placa Arduino 1 es trasladada al conector bluetooth, el cual se encarga de establecer la conexión con el dispositivo móvil, la información que viaja a través de nuestro conector ya se encuentra lista para ser mostrada en nuestro dispositivo móvil.

Finalmente a través la App Serial Bluetooth se puede observar la información obtenida y procesada por nuestra placa Arduino 1, convirtiéndola de esta forma en una central de alerta.



Fig. 20. Resultados mostrados en dispositivo móvil

En base a las pruebas que se han llevado a cabo, se obtienen los siguientes resultados:

Número de Alertas= 60

Periodo específico= 1 hora (60 minutos)

Operación= $60/60= 1$ alerta por minuto

1 minuto es el tiempo que se toma regularmente para conocer las pulsaciones cardiacas en un paciente, por lo que dicho el resultado de nuestras pruebas están dentro del rango establecido por la comunidad médica.

4.2.2. Descripción de objetivo “Establecer mecanismos de comunicación entre los pacientes y sus familiares”

A través de la App Serial Bluetooth Terminal se ha logrado establecer una comunicación confiable, entre nuestro módulo de conexión Bluetooth instalado en nuestra placa Arduino y nuestros dispositivos móviles. La App se puede descargar desde GooglePlay

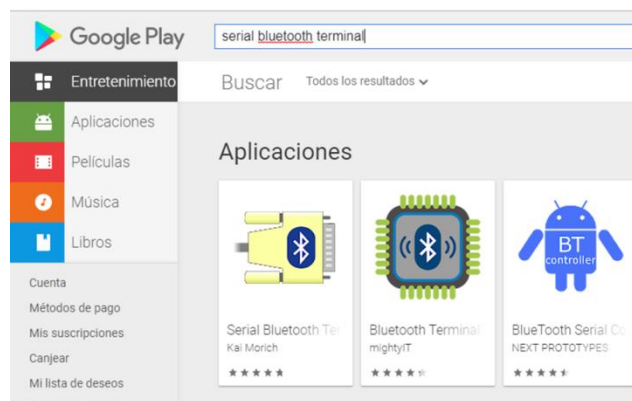


Fig. 21.Descarga de app “Serial Bluetooth Terminal” de Google Play

Esta App nos permite mostrar la información obtenida a través de nuestros sensores y mostrarla de manera amigable a nuestros usuarios finales, que en estos casos son los familiares de los pacientes con enfermedades crónicas.

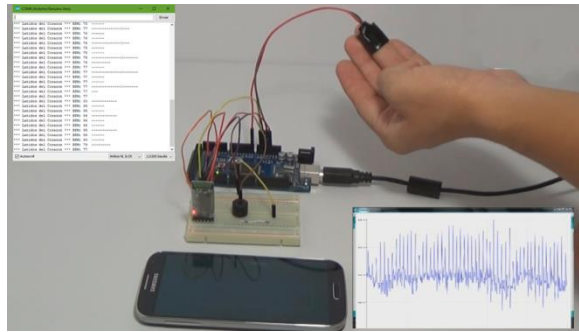


Fig. 22. Pruebas de uso de sistema de alerta

En nuestras pruebas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

Número de Alertas= 60 (en una hora)

Total de alertas confirmadas= 60 (en una hora)

Operación= $60 - 60 = 0$

Lo que indica que existe actualmente un margen error de 0 con respecto a la información enviada por nuestro conector Bluetooth y la información recibida a través de nuestra app Serial Bluetooth Terminal.

4.2.3. Descripción de objetivo “Disminuir tiempo de atención ante un accidente o emergencia”

De acuerdo a las pruebas realizadas, se ha obtenido que la información que se genera y se muestra en la app sea en tiempo real:

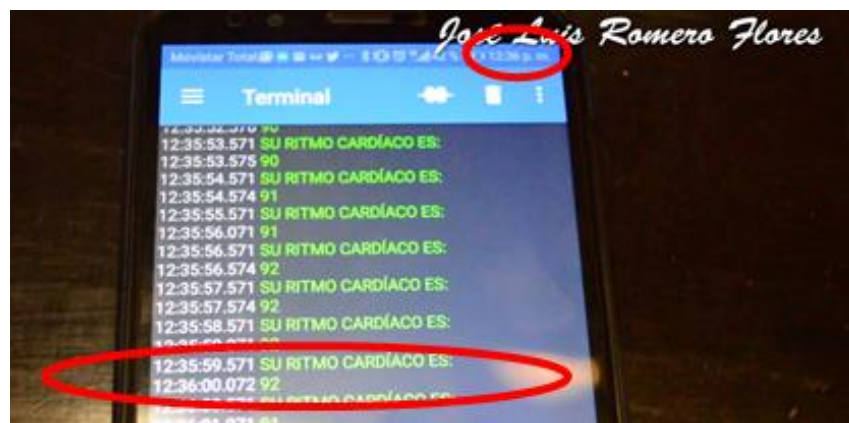


Fig. 23. Resultados de pruebas realizadas al sistema de alerta

Por lo tanto se obtienen los siguientes resultados:

Hora de Reportada la Alerta (HRA)= 12:36:00 pulsos tomados del sensor.

Hora de Atención de la Alerta (HAA)= 12:36:00.072 mostrada en la app.

Operación HRA – HAA= 0.72 milésimas de segundos.

V. DISCUSIÓN

En el objetivo general que se planteó en la investigación de apoyar a los familiares en los cuidados de sus pacientes con enfermedades crónicas a través de un sistema de alerta temprana, se logró construir un sistemas de alerta temprana basado en arduino, el cual alertará a los familiares sobre los cambios, en este caso, de las pulsaciones cardiacas de su familiar con algún tipo de enfermedades crónicas.

5.1. Discusión sobre la implementación de una central de alerta para la atención inmediata de accidentes o emergencias médicas de pacientes con enfermedades crónicas.

En este punto se tiene en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, las cuales están dentro del rango recomendado por la comunidad médica, es decir que el número de pulsaciones deben ser entre 60 y 100 en un rango de 1 minuto [17], medias alcanzadas por la información mostrada en nuestra App, la cual muestra los pulsos recibido por nuestro sensor de pulsaciones cardiacas.

Número de Alertas= 60

Periodo específico= 1 hora (60 minutos)

Operación= $60/60= 1$ alerta por minuto

5.2. Discusión sobre establecer mecanismos de comunicación entre los pacientes y sus familiares

Este objetivo logra conseguir un nivel adecuado de comunicación entre el paciente y los familiares, esta comunicación se logra gracias al conector Bluetooth y a la app Serial Bluetooth Terminal.

El paciente tiene conectado el sensor de pulsos cardíaco, este sensor toma sus pulsos y los envía a la placa arduino; en la placa arduino a través de su lenguaje de programación estos pulsos cardiacos se procesan y se establecen en frecuencias cardiacas, lo que es más fácil de leer y comprender para la persona que va a recibir la información.

Esta información es enviada de la placa arduino al dispositivo móvil a través del conector bluetooth, y mostrada por la app.

[18] De acuerdo a lo establecido por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) cuando un paciente está siendo monitoreado a través de equipos, la tecnología usada debe ser de muy alta calidad, evitando así errores en la información que se está observando a través de las interfaces, los errores deben ser cero.

Los resultados muestran que el margen de error de la central de alerta es 0 (cero), debido a los números de alertas que se emitieron frente al número de alertas que se confirmaron llegaron al 100%:

$$\begin{aligned}\text{Número de Alertas} &= 60 \text{ (en una hora)} \\ \text{Total de alertas confirmadas} &= 60 \text{ (en una hora)} \\ \text{Operación} &= 60-60= 0\end{aligned}$$

Nuestros resultados cumplen con lo sugerido por la OPS sobre el margen de error de equipos que apoyan con el monitoreo de personas.

5.3. Discusión sobre disminuir el tiempo de atención ante un accidente o emergencia.

Para este objetivo la diferencia de tiempo entre el momento de la toma los datos de las pulsaciones y el envío de las mismas al dispositivo móvil es realmente muy pequeña, pues se trata solo de 0.72 milésimas de minutos, tal como se puede apreciar en las pruebas realizadas:

Hora de Reportada la Alerta (HRA)= 12:36:00 pulsos tomados del sensor.

Hora de Atención de la Alerta (HAA)= 12:36:00.072 mostrada en la app.

Operación HRA – HAA= 0.72 milésimas de segundos.

Esto significa que la información mostrada en los dispositivos móviles es en tiempo real.

Estos resultados cumplen con lo establecido por la Defensoría del Pueblo donde establece que los primeros auxilios a una persona son de vital importancia para salvar su vida, el tiempo de respuesta no debe ser mayor a 5 minutos dependiendo del daño causado [19].

VI. CONCLUSIONES

- 1.** El sistema de alerta temprana implementada contribuye con la atención inmediata del paciente que sufre algún accidente o emergencia, debido a las alertas que este emite por minuto, lo cual se encuentra dentro del rango establecido por la comunidad médica, por lo tanto cumple al 100% con lo recomendado por los médicos.
- 2.** A través del módulo de conexión bluetooth, el margen de error en la comunicación entre pacientes y familiares es de 0 (cero), mejorando en un 100% la veracidad de la información mostrada gracias a nuestro sistema de alertas.
- 3.** El tiempo de desfase entre la pulsación enviada por nuestro sensor de ritmo cardiaco y la información mostrada en nuestro dispositivo móvil es de 0.72 milésimas de segundo, lo que asegura una comunicación en tiempo real para una pronta atención de la emergencia médica, esto permite reducir el tiempo desde la ocurrencia de una emergencia hasta la comunicación de la misma en aproximadamente 10 minutos, que era el promedio que se demoraban los familiares a cargo en enterarse de lo ocurrido.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las próximas investigaciones sobre este tema puedan mejorar lo planteado en esta tesis, logrando de esta manera la perfección y masificación de este producto, para que de esta forma muchas familias puedan verse beneficiadas de esta tecnología.
2. Así mismo se insta a buscar nuevas tecnologías que permitan esta idea ser sostenible en el tiempo, logrando por ejemplo aumentar la capacidad de memoria, agrupar información y compartirla entre la comunidad para que sirvan como estadística para futuras investigaciones.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] MIMOONLINE, MIMOSAS, 25 MARZO 2019. [En línea]. Available: <https://grupolasmimosas.com/mimoonline/cuidados-basicos-del-anciano/>. [Último acceso: 27 MAYO 2019].
- [2] CLÍNICA ALEMANA, «Adultos mayores enfermos: Consejos para los cuidadores,» CLÍNICA ALEMANA, 11 Mayo 2011. [En línea]. Available: <https://portal.alemana.cl/wps/wcm/connect/Internet/Home/blog-de-noticias/Ano+2011/05/Adultos+mayores+enfermos>. [Último acceso: 27 Mayo 2019].
- [3] Organización Mundial de la Salud, Marzo 2013. [En línea]. Available: https://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/.
- [4] DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD DE LAS PERSONAS, «SITUACION DE LAS ENFERMEDADES CRONICAS NO TRASMISIBLES: PROBLEMA CANCER,» LIMA, 2012.
- [5] REDACCIÓN EC, OCTUBRE 2018. [En línea]. Available: <https://elcomercio.pe/peru/80-mujeres-mayores-60-anos-padecen-enfermedades-cronicas-noticia-563290>.
- [6] S. Abrahms, «HOGAR Y FAMILIA,» AARP, [En línea]. Available: <https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/tecnologia/info-2014/monitorear-ancianos-distancia-herramientas.html>. [Último acceso: 27 Mayo 2019].
- [7] . D. García Monje , «Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz en Android,» Universidad del País Vasco, Vasco, 2014.
- [8] P. E. Velázquez Elizondo y L. J. Villagrán Valencia, «Monitor de ritmo cardiaco para dispositivos android mediante un enlace bluetooth,» MEXICO, 2017.
- [9] R. O. NACHO PAUCARA, «SISTEMA DE CONTROL DOMOTICO BASADO EN ARDUINO,» UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES, LA PAZ, 2016.
- [10] E. I. Tintín Durán, «Diseño y elaboración de un prototipo de monitor de signos vitales aplicando métodos no invasivos con comunicación de datos a dispositivos móviles,» Cuenca, 2015.
- [11] S. SARABIA VÁSQUEZ, «DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM,» UNAM, Mexico DF, 2015.
- [12] F. Guerra Ruiz, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO Y VIDEO,» PUCP, Lima, 2013.
- [13] . E. Lledó Sánchez, «Diseño de un sistema de control domótico,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2012.
- [14] E. Crespo. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/06/26/entornos-de-aplicacion-arduino/#comments>.
- [15] A. W. A. Burns, «HRT-HOOD. A Structured Desing Method for Hard Real-Time Systems,» p. 6(1):73—114..
- [16] Geek Factory, [En línea]. Available: <https://www.geekfactory.mx/tienda/pantallas-lcd/pantalla-lcd-de-16x2-hd44780-azul-blanco/>.
- [17] Medical News Today, «¿Cuál debería ser mi frecuencia cardíaca?,» Medical News Today, 28 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/291182.php>. [Último acceso: 2 Octubre 2019].

IX. ANEXOS

ANEXO N° 01

ENCUESTA EXPLORATORIA PARA CONOCER LA POBLACIÓN ENFERMA DEL CONDOMINIO DANIEL ALCIDES CARRIÓN DE LA CIUDAD DE CHICLAYO

Objetivo: Conocer la población enferma del Condominio Daniel Alcides Carrión de la ciudad de Chiclayo.

Población: Residentes del Condominio Daniel Alcides Carrión de la ciudad de Chiclayo.

Fecha de encuesta: Agosto 2018

Preguntas:

- 1) ¿En su hogar cuentan con uno o más familiares que se encuentre en la etapa llamada “Adulto mayor”
 - a) Si b) No

Si es Sí pasar a la siguiente pregunta, caso contrario finalizar la encuesta.
- 2) ¿Su familiar (es) ha sido diagnosticado con alguna enfermedad crónica?
 - a) Si b) No
 - b) Si es Sí pasar a la siguiente pregunta, caso contrario finalizar la encuesta.
- 3) ¿Qué tipo de enfermedad padece?
- 4) ¿Cuenta con alguna persona, familiar o profesional de la salud que esté a cargo del cuidado de su familiar enfermo?
 - a) Si b) No
- 5) ¿En el condominio cuentan con algún sistema de alarma o monitoreo que permita alertar al familiar más cercano o una brigada de primeros auxilios sobre cualquier accidente que pueda ocurrir con su paciente?

Muchas gracias.

ANEXO N° 02
ANÁLISIS DE RIESGOS

1. Datos generales

- **Tesista** : José Luis Romero Flores
- **Fecha inicial** : 01 de setiembre del 2018
- **Fecha final** : 31 de mayo del 2019

2. Alcance del proyecto

Se desarrollará un sistema de alerta temprana basada en la tecnología Arduino para apoyar en los cuidados a los familiares de pacientes con enfermedades crónicas del condominio Daniel Alcides Carrión de la ciudad de Chiclayo, con la finalidad de mejorar el tiempo de respuesta ante una emergencia médica.

El sistema implementado permite alertar en tiempo real a los familiares y/o grupo de atención de emergencias del condominio en mención, sobre algún accidente o emergencia médica sufrida por algún paciente con enfermedades crónicas.

La información será presentada mediante reportes, para ello será necesario el desarrollo del sistema basado en sensores que pertenecen a la tecnología Arduino.

3. Interesados (Stakeholders)

Durante el desarrollo de la presente tesis se ha identificado a los siguientes interesados:

• **Internos**

TABLA IIIII INTERESADOS INTERNOS	
Interesado	Participación
Pacientes con enfermedades crónicas	Va a permitir ser monitoreado a través de sensores con la finalidad de conocer el momento que sufre un accidente o emergencia médica.
Familiares de los pacientes con enfermedades crónicas	Recibirá los mensajes de alerta temprana o en tiempo real cuando su familiar enfermo sufra un accidente o emergencia médica.
Grupo de atención inmediata	Permite obtener información sobre los accidentes o emergencias médicas que ocurran dentro del condominio para poder comunicarse con el centro de salud más cercano.

• **Externos**

TABLA IV INTERESADOS EXTERNOS	
Interesado	Participación
Residenciales o Condominios de Chiclayo	Forma de organización y participación vecinal ante emergencias o accidentes.

4. Beneficios

Los beneficios que se van a obtener con el producto que se ha desarrollado son:

- Contar con un sistema de alerta temprana frente a emergencias médicas o accidentes.
- Mejorar el tiempo de respuesta de atención frente a un accidente o emergencia médica.
- Mantener monitoreado a los pacientes con enfermedades crónicas.
- Mantener informado a los familiares de los pacientes con enfermedades crónicas sobre el estado de sus familiares.

5. Etapas de desarrollo

Para el desarrollo del producto de la presente tesis se ha realizado considerando las etapas de la Metodología HRT-HOOD que consta de las siguientes etapas:

- **Etapas 1**

- **Definición de Requisitos**

- a) Levantamiento de información.
 - b) Requerimientos del sistema

- **Riesgos**

Entre los riesgos identificados en esta etapa se mencionan:

TABLA V
RIESGOS IDENTIFICADOS ETAPA I

RIESGOS IDENTIFICADOS EVALUADOS									
Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Requerimientos del usuario no levantados adecuadamente	Totalidad del proyecto	Falta de entendimiento de las necesidades del usuario o cliente final		2	Alcance	4	20	BAJO
						Tiempo	2	10	
						Costo	1	5	
						Calidad	4	30	
						TOTAL PROBABILIDAD POR IMPACTO			

- **Etapa 2**

- **Actividades realizadas**

Diseño de la arquitectura lógica.

- **Riesgos**

Entre los riesgos encontrados en esta etapa han sido los...

TABLA VI
RIESGOS IDENTIFICADOS ETAPA N

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
REN – 001	Falla en el diseño de la arquitectura lógica	Diseño de la arquitectura física	Requerimientos mal elevados	Diseño lógico	3	Alcance	4	50	MEDIO
						Tiempo	2	20	
						Costo	1	10	
						Calidad	2	20	
TOTAL PROBABILIDAD POR IMPACTO									

- **Etapa 3**

- **Actividades realizadas**

Diseño de la arquitectura Física y Análisis Temporal.

- **Riesgos**

Entre los riesgos encontrados en esta etapa han sido los...

TABLA VIII
RIESGOS IDENTIFICADOS ETAPA N

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
REN – 001	Falla en el diseño de la arquitectura Física	Diseño detallado	Arquitectura Lógica mal diseñada	Diseño físico Análisis ejecutado	3	Alcance	4	50	MEDIO
						Tiempo	2	20	
						Costo	1	10	
						Calidad	2	20	
TOTAL PROBABILIDAD POR IMPACTO									

- **Etapas 4**

- **Actividades realizadas**

Diseño Detallado.

- **Riesgos**

Entre los riesgos encontrados en esta etapa han sido los...

TABLA VIII
RIESGOS IDENTIFICADOS ETAPA N

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Fase afectada	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
REN – 001	Nivel de detalle insuficiente	Diseño detallado	Arquitectura lógica y física mal ejecutadas	Interrelación de los subsistemas desarrollados	5	Alcance	5	80	ALTO
						Tiempo	4	60	
						Costo	3	50	
						Calidad	5	80	
						TOTAL PROBABILIDAD POR IMPACTO			

- **Etapas 5**

- **Actividades realizadas**

Codificación.

- **Riesgos**

No se han encontrado riesgos que impacten significativamente el proyecto.

- **Etapas 6**
 - **Actividades realizadas**
Pruebas.
 - **Riesgos**
No se han encontrado riesgos que impacten significativamente el proyecto.

ANEXO N° 03
MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO
SISTEMA SENSOR DE LATIDOS DEL CORAZÓN (BPM)

1. Los latidos del corazón del paciente pueden ser visualizados mediante cualquier app gratuita descargada de Google Play (<https://play.google.com/store?hl=es>). Para este caso y la realización de pruebas respectivas hemos utilizado la app: **Serial Bluetooth Terminal**.

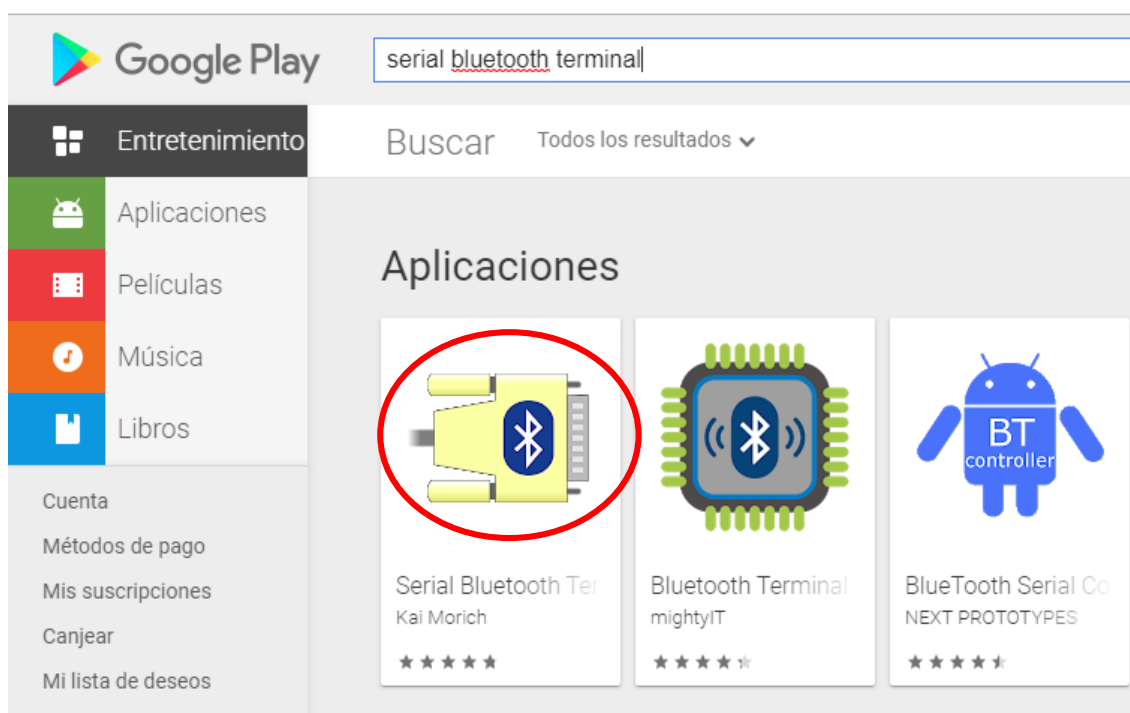


Fig. 24.App descargada en el dispositivo móvil

2. **Configuración de la App Serial Bluetooth Terminal para recibir los datos procedentes del Sensor de Pulsos Cardíacos.**
 - a. Debemos primero activar el BT de nuestro móvil y vincular con el BT Maestro (HC-05). La aplicación nos mostrará su pantalla principal aún sin datos. Tenemos primero que activar la comunicación serial pulsando sobre el símbolo.

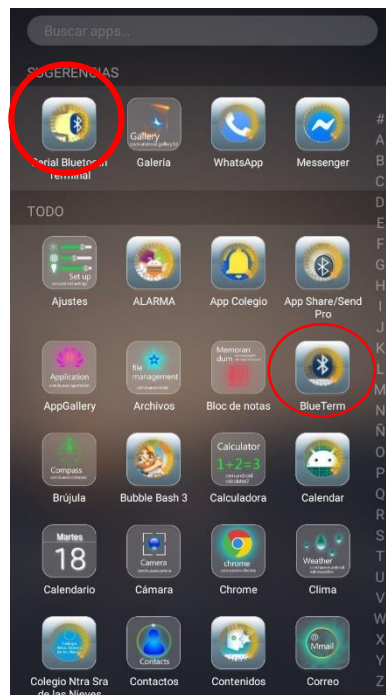


Fig. 25.App instalada en el dispositivo móvil

- b. Luego la app intentará establecer comunicación en este caso con nuestro BT HC-05 y mostrará el mensaje “Conectado” cuando se haya establecido la comunicación.



Fig. 26.Conexión de terminal móvil con placa arduino

- c. El dispositivo está ahora listo para recibir datos vía Bluetooth desde nuestro sistema.

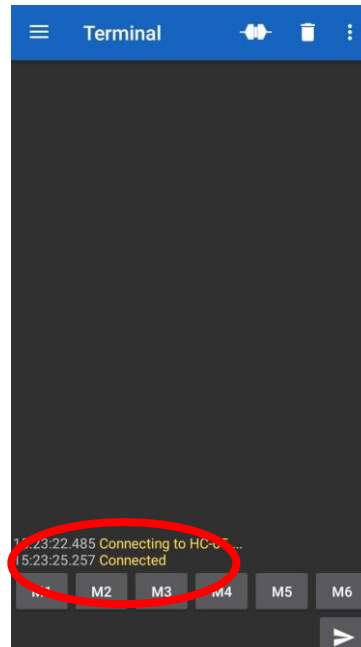


Fig. 27. Dispositivo móvil conectado

- 3. Toma de medida de pulsos cardíacos en un paciente utilizando nuestro Sensor de Pulsos Cardíacos.**



Fig. 28. Vista frontal y posterior del Sensor de Pulsos Cardíacos

3.1.1. Para una medida del pulso cardíaco correcta se deben tomar las siguientes indicaciones:

- a. Lavarse las manos antes de la prueba o usar gel antibacterial para que no exista ninguna interferencia en los sensores.
- b. Se coloca el sensor con ayuda de velcro en el dedo índice, el usuario indicará si está muy justo o flojo el velcro según sea la sensación de este.

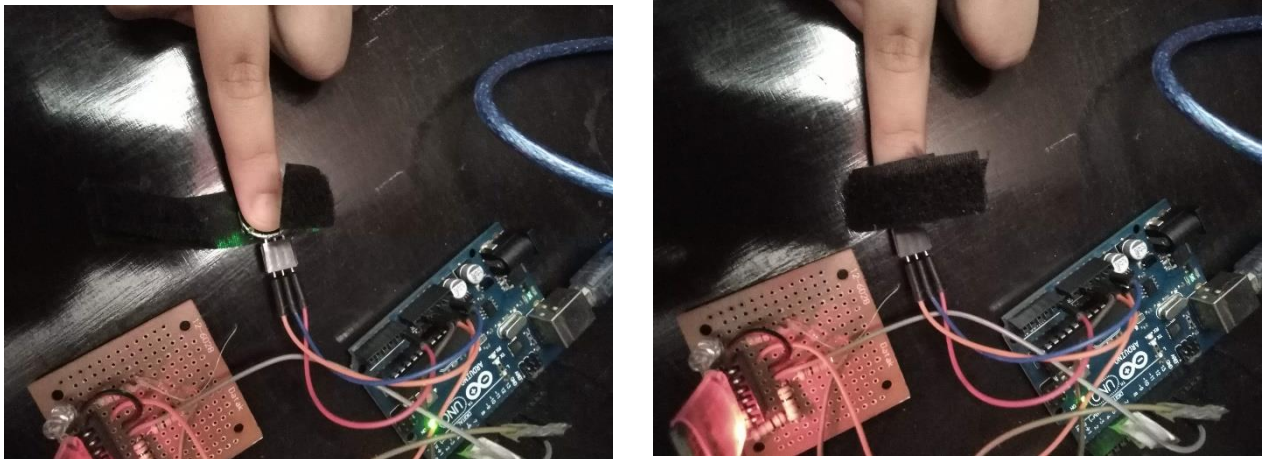


Fig. 29. Colocación de sensor de pulsaciones cardíacas

- c. Sentarse de manera adecuada, es decir la espalda recarga en el respaldo de la silla manteniendo una buena postura de tal manera que este lo más cómodo posible durante la prueba.
- d. Mantener brazo y mano en una superficie plana puede ser una mesa, escritorio, etc. en una posición cómoda para que no exista movimiento para no generar interferencia en el monitoreo



Fig. 30. Posición recomendada durante la prueba

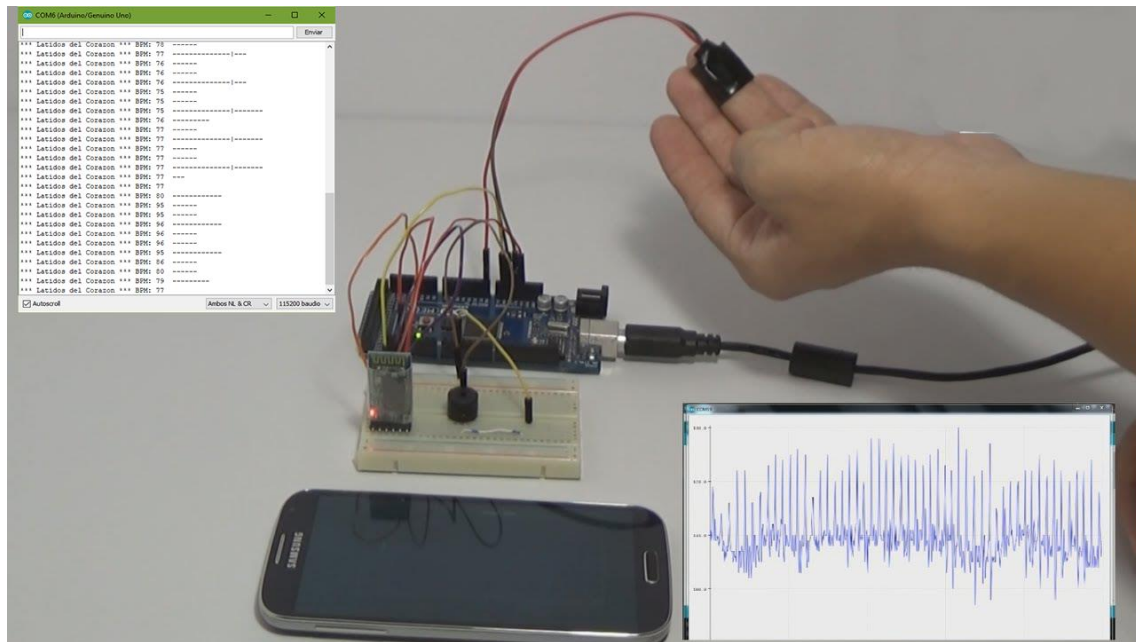


Fig. 31. Pruebas iniciales

4. Datos obtenidos en las pruebas

Una vez el paciente tenga colocado correctamente el sensor de pulsos y con las sugerencias anteriores podemos visualizar en la app los datos enviados por el sensor ya procesados por el Arduino y enviados mediante nuestro dispositivo Bluetooth HC-05.



Fig. 32. Resultados de las pruebas iniciales

Podemos apreciar una lectura que se encuentra entre los rangos normales de ritmo cardiaco de una persona adulta (60 a 100 latidos por minuto).

Para la verificación del correcto funcionamiento de nuestro sistema, hicimos que el mismo paciente realice algo de movimiento de cuerpo para que logre agitarse un poco y los BPM, como era de esperarse, se incrementaron según se muestra en la siguiente imagen:

Aquí podemos apreciar como los BPM se incrementan debido al esfuerzo físico realizado por el paciente.

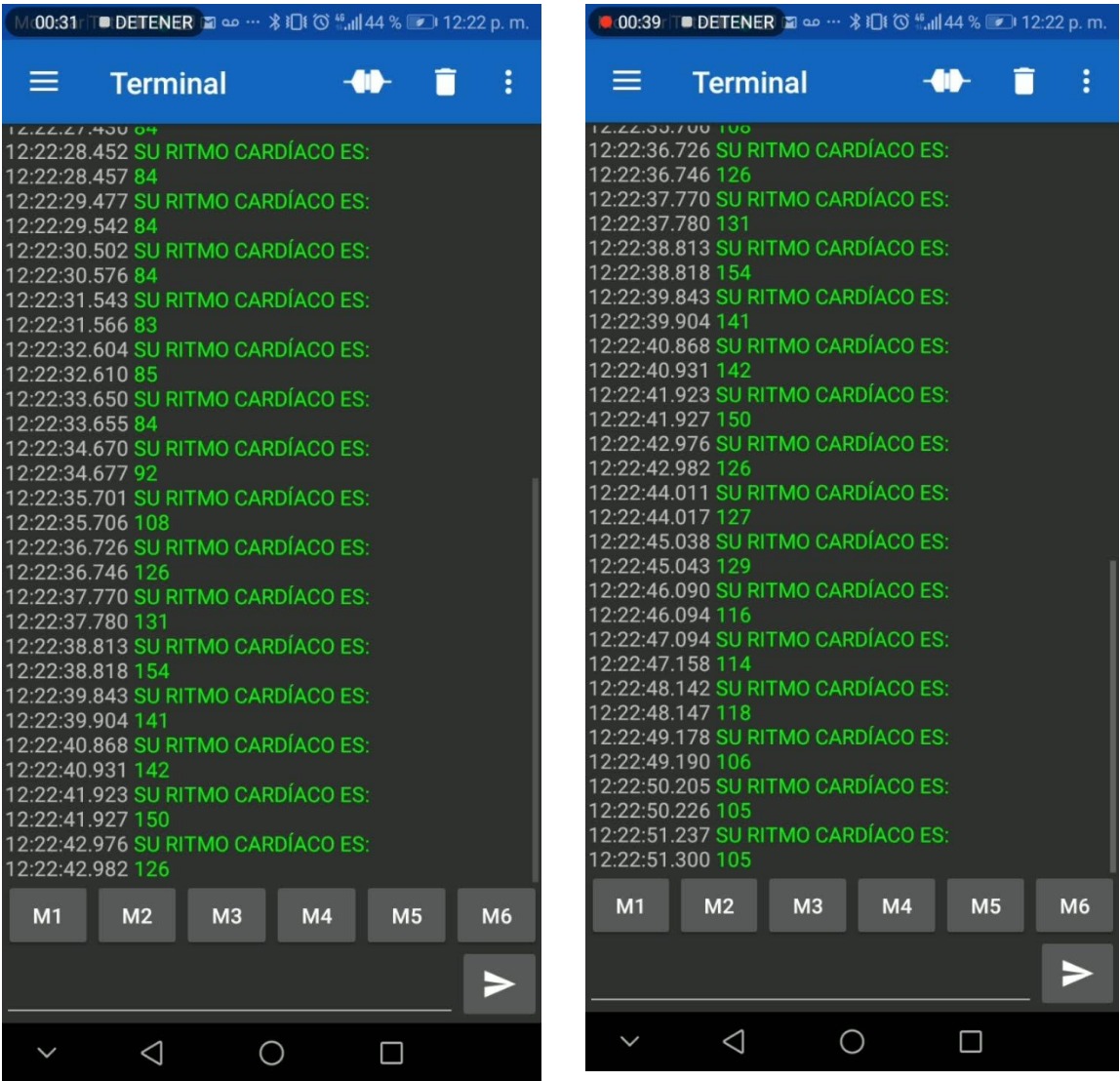


Fig. 33.Resultados de las pruebas mostradas en nuestro dispositivo móvil